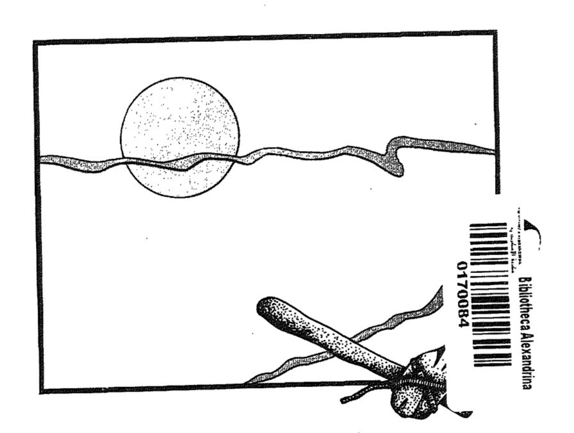




هويمار فون ديتفورت

تاريخ النشوء

ترجمة: محمود كبيبو







تاريخ النّشوء

ترجم هذا الكتاب عن النص الأصلي باللغة الألمانية وعنوانه :
HOIMAN VON DITFURTH INANFANG WAR DERWASSERSTOFF
DEUTSEHER TASCHENBUCH VERLAG MÜNEHEN; 5.AUFLAGE
APRIL 1984

★ هويمار فون ديتفورت
★ تاريخ النشوء
★ ترجمة محمود كبيبو - مراجعة علي محمد

★ الطبعة الأولى ١٩٩٠
★ الناشر : دار الحوار للنشر والتوزيع - سورية - اللاذقية
ص.ب ١٠١٨ - هاتف ٢٢٣٣٩

اهداءات ١٩٩٨

مؤسسة الاهرام للنشر والتوزيع
القاهرة

هويمار فون ديتفورت

تاريخ النّشوء

ترجمة: محمود كبيبو

مراجعة: علي محمد



دار الحوار

حـول المؤلف

ولد هويمار فون ديتفورت في برلين عام ١٩٢١ وهو أستـاذ في علم الأعصاب والمعالجـة النفسية ٠ يعتبر من أنجح العاملين في الصحافة العلمية ، وقـد أثار برنامجه « جولة عبر العلوم » الذي كان يقدمه في التلفزيون الألماني كثيراً من الاهتمام ، حيث كان يعرض نتائج العلوم الطبيمية الحديثـة بطريقـة مثيرة ومسؤولة تجعلها الى جانب غناهـا بالمعلومات ممتعة ومفهومة من الجميع ٠ أشـهر مؤلفاتـه حتى الآن : « أطفال الفضاء » (١٩٧٠) ، « في البـدء كان الهيدروجين » (١٩٧٢) ، « أبعاد الحيـاة » (١٩٧٤) ، « العلاقات المترابطـة ـ أفكـار حول صور علمية موحدة للعالم » (١٩٧٤) ، « لم يهبط العقل من السماء » (١٩٧٦) ، « لسنا من هـذا العالم فقط » (١٩٨١) ٠



مقـدمـة

يعتمد المؤلف في هذا الكتاب على نتائج جملة مـن العلوم في مقدمتها الفيزياء والكيميـاء والبيولوجيا ثـم الفلك والرياضيات والفيزيولوجيا والجيولوجيا والفلسفة والمنطق ، لكي يصمم « تاريخاً للنشوء » يعتمد في مجملـه على مقولـة هيراقليط الشهيرة : كـل شيء يجـري فأنت لا تغتسل في نفس النهر مرتين • لم يكن الكون ، بما في ذلك كرتنا الأرضية وما عليها من أحياء وأشياء ، منذ الأزل كما هو عليه اليوم ، بل ان الوجود هو سلسلة متصلة من الصيرورة الدائمة ، أي أن للكون تاريخاً وللحياة تاريخاً • متى وكيف بدأ هذا التاريخ وكيف سار منذ « البدء » حتى الآن وكيف سيسير عبر المستقبل ؟ هـذه هي الحكاية التي يرويها هذا الكتاب ، وهذا هو المبنى العملاق الذي يُشيده حجراً فوق حجر معتمداً على القواعد التالية :

١ ــ القوانين الطبيعية •

٢ ــ قانون السببية •

٣ ــ قوانين المنطـق •

٤ ــ مبادىء ميول الطبيعة : ميـلان رافقا الطبيعة منذ نشوئها ، الميـل الى الاتحـاد والميـل الى الاستقلال •

في البدء كان الهيدروجين وكانت قوانـين الطبيعـة وكان المكان وكان الزمان • يعرض ديتفورت هذا التاريخ بطريقة الحكايـة الممتعة التي تحتوي الحقائـق العلميـة الكثيرة وتثير الخيال والدهشة •

المتـرجم



مدخل - نحو رؤية جديدة

قبل حوالي ٢٠ سنة أنتج المخرج الامريكي العبقري اورسون ويليس فيلم مغامرات أنهاه بمشهد رائع لم أر أفضل منه في أي فيلم آخر من هذا النوع . وضع البطل في المرمى المريح بالنسبة لعدوه : المسافة قريبة والإنارة كاملة وبدون أية تغطية ورغم ذلك بقي عملياً خارج الخطر .

حصل المشهد في مدينة ملاهي ، وتقوم الفكرة على أن البطل نجح في استدراج خصمه الى صالة مليئة بالمرايا . هناك ظهر البطل أمام مطارده بوضوح كامل دون أي خوف لكن لم يكن له ظهور واحد وإنما عشرات الصور المتشابهة التي عكستها جدران الصالة المغطاة بالمرايا والمصممة بطريقة ذكية وخادعة .

انتهى الصراع كما يجب أن ينتهي في مثل هذه الظروف . أطلق المطارد بغضب عارم يائس العيارات النارية المتتالية على الصور العديدة لعدوه وأحدث كومة من شظايا الزجاج وفرغ مسدسه قبل أن يصيب الشخص الحقيقي .

لا شك أن الفكرة عظيمة وذكية ، إذ من الصعب أن نتصور طريقة للتمويه أكثر ذكاء ودهاء . عندما لا تكون لديك امكانية للتخفي أو الاختباء أمام مطاردك فإن أفضل مهرب هو التمويه بتعديد الأهداف الخلبية المماثلة للأصل . تتبع هذه الطريقة منذ القدم في الحروب حيث يحاول كل طرف تحويل نيران العدو عن الأهداف الحقيقية الى أهداف خلبية ويتم ذلك ربما ببناء مطارات خلبية أو دبابات خلبية وغير ذلك .

أينما شاهدنا أو ضُلِّلنا بمثل هذه الخدع نفترض فوراً وجود عقل ذكي مدبر يرتبها ، لأننا لا نستطيع تصور مثل هذه الخطط الهادفة والمدروسة بعناية إلا كنتيجة لتأملات واعية حادة الذكاء . إلا أن هذا الاستنتاج يستند على حكم مسبق . هذا الحكم المسبق واسع الانتشار وذو أهمية بالغة لأنه يحطم امكانية تفهمنا للطبيعة ، ولكامل العالم المحيط بنا ، وبالتالي للدور الذي نلعبه في هذا العالم . لقد وجدت في الطبيعة آثار لتأثيرات العقل قبل وجود الأدمغة التي تجعل الوعي ممكناً بزمن طويل .

نقدم هنا أول مثال للبرهنة على ما قلناه : تعيش في آسام في وسط الهند فراشة تحمي نفسها ضد أعدائها خلال فترة التشرنق بنفس الخدعة المطبقة في المشهد الأخير من الفيلم الذي تحدثنا عنه أعلاه . تقوم هذه الفراشة ، شأنها شأن الفراشات الأخرى ، بنسج شرنقة حول نفسها عندما يأتي وقت التشرنق . علاوة على ذلك فإنها تختبىء في أحد الأوراق .

إن الطريقة التي تطبقها في عملية الاختباء تبدو على قدر مدهش من الرؤية المستقبلية الهادفة . من المعلوم أن الورقة الخضراء المليئة بالسوائل منبسطة ومرنة الى درجة لا يمكن للفراشة معها أن تلفها لتصبح

مناسبة كمغارة تختبيء فيها . تحل الفراشة هذه المشكلة الاولى بطريقة بسيطة وهادفة بدرجة لا نستطيع أن نتصور أفضل منها : تقوم أولاً بتثبيت الورقة بعناية على الجذع بواسطة خيوط (تخرجها من فمها) وتلفها حولها ثم تقوم بقص ذنب الورقة من ناحية الجذع لفصلها عنه . كنتيجة لهذا الفصل تبدأ الورقة بالذبول ومن المعروف ان الورقة الذابلة تلتف حول نفسها . بعد ساعات قليلة تحصل الفراشة على انبوب مثالي لأن تدخل فيه وتختبيء . حتى الآن لم تزل الطريقة جيدة ومدهشة ولكن كل هذا ما هو إلا البداية .

إذا ما فكرنا بالموقف الذي وضعت الفراشة حتى الآن نفسها فيه لتجاوز مرحلة التشرنق بأمان ، حيث تكون غير قادرة بتاتاً على أي دفاع ، تواجهنا فوراً مشكلة جديدة . صحيح أن الورقة اليابسة تؤمن للفراشة مأوى يقدم لها على الأقل حماية ضد الرؤية ولكنها ستصبح متميزة بين جميع الأوراق الخضراء الأخرى وملفتة للنظر فوراً . بما أنه يوجد العديد من اللصوص ، وقبل كل شيء العصافير ، التي لا يشغلها شاغل طيلة النهار سوى البحث عن الغذاء الذي تعتبر الفراشات من أنواعه المفضلة فإن العصفور سيفتش مبكراً أو متأخراً تلك الورقة اليابسة ويصادف فيها الفراشة اللذيذة الطعم . وبما أن العصافير تتعلم من مثل هذه التجارب بسرعة كبيرة فإنها ستركز اهتمامها منذ الآن على تلك الأوراق اليابسة البارزة ضمن المحيط الأخضر بكامله . مهما كانت خدعة لف الورقة في البداية ذكية ومجدية فإنها تبدو الآن على أنها زادت من المخاطر التي تحاول الفراشة تجنبها .

ماذا تستطيع الفراشة أن تفعل للخروج من هذا المأزق ؟ لنفترض انها تستطيع أن تسألنا النصح فما هي النصيحة التي سنقدمها لها ؟ أعتقد أنه سيصعب على أغلبنا ايجاد مخرج مقبول لهذه الحالة وإعطاء نصيحة مفيدة . إلا أن الفراشة حلت أيضاً هذه المشكلة بطريقة ذكية وفعالة . ويشبه الحل الذي طبقته الحشرة الطريقة التي اتبعها اورسون .ويلس قبل ٢٠ عاماً في المشهد الأخير من فيلمه . تقوم الفراشة بكل بساطة بقضم خمس أو ست ورقات أخرى وتثبتها على الأغصان بجانب الورقة التي ستختبيء فيها . بذلك يصبح هناك ست أو سبع أوراق يابسة ملفوفة معلقة بجانب بعضها البعض لكن واحدة منها فقط تحتوي الفراشة كفريسة محتملة . أما الأوراق الأخرى فهي فارغة وموجودة لغرض التمويه فقط .

لنفترض أن هذه الأوراق اليابسة أثارت انتباه أحد العصافير وبدأ بتفتيشها . ستكون فرصته بأن يصادف الحشرة في المحاولة الاولى ١ : ٦ . هذه الدرجة من التأمين ضد المخاطر تمنح الفراشة الساكنة والفاقدة الوعي طيلة مرحلة التشرنق ميزة حاسمة في معركة البقاء الكبيرة . وكلما اصطدم العصفور بورقة فارغة يتناقص اهتمامه للبحث مستقبلاً في الأوراق اليابسة .

لكن خدعة الفراشة تبقى قيمة ومجدية حتى لو أصاب العصفور هدفه بالصدفة ومنذ المحاولة الاولى بأن يصادف الورقة الصحيحة فوراً . هذا النجاح سيشجع العصفور على متابعة البحث عن فرائس في بقية الأوراق . إلا أن المتابعة لن تؤدي به إلا الى سلسلة متواصلة من خيبات الأمل . لذلك نستطيع ان نفترض أنه سيغادر المكان أخيراً ولديه الشعور بأن البحث عن الغذاء في الأوراق اليابسة هو بمجمله عمل غير مجد . عندئذ تكون هذه الفراشة قد التهمت ، لكن متعة العصفور في البحث مستقبلاً عن صيد في الأوراق اليابسة تتضاءل مما يؤدي الى حماية بقية الفراشات التي تختبيء بنفس الطريقة المموهة . حتى

بالنسبة للانسان يبدو هذا التكتيك المخطط حيلة بارعة للدفاع عن النفس تشير الى درجة عالية من الذكاء . كيف يكون ممكناً أن تقوم حشرة بكل ذلك لحماية نفسها على الرغم من أن بناء جملتها العصبية وسلوكها الآخر يقودان الى الاستنتاج بأنها لا تمتلك ذكاء يؤهلها الى التوقع المستقبلي والاستنتاج المنطقي ؟

إننا نستطيع أن نتفهم اعتقاد الباحثين القدماء تجاه مثل هذه المشاهدات بـ«الاعجوبة» . كانوا يقولون انه يوجد في مثل هذه الحالات ما يتوجب توضيحه أو بحثه لأن الإله ذاته هو الذي يهب مخلوقاته المعرفة اللازمة لتعتني أبوياً بمصيرها ومصير أبنائها . إلا أنهم بهذا القول يستسلمون ويتخلون عن مهمتهم كباحثين في علوم الطبيعة . كذلك فإن كلمة «غريزة» الحديثة لا تعطي تعليلاً كما يظن الكثير من الناس . إنها ليست إلا اصطلاحاً فنياً اتفق عليه العلماء للتعبير عن أشكال سلوكية معينة موروثة .

ماذا سيتوضح إذا ما قلنا ببساطة ان الفراشة تقوم بعملية التمويه بصورة «غريزية» «موروثة» . إن هذا القول هو في الواقع صحيح ويعبر بطريقة صحيحة عن أن الانجاز المدهش الذي تقوم به الفراشة لا ينبع منها ذاتها . لكن ما نريد معرفته هو شيء مختلف تماماً . إننا نريد أن نعرف من هو الذي توصل الى الفكرة البارعة بأنه يمكن التمويه بصنع الهياكل الخلبية المماثلة للأصل . من أي دماغ نتجت هذه الفكرة المبدعة التي تفسد على الطيور متعة البحث بتخفيض فرصتهم لايجاد شيء بهذه الطريقة الاحتيالية ؟

لقد توصل علماء السلوك اليوم ، الذين يهتمون بدراسة طرق السلوك الموروث ، في كثير من الحالات الى اعطاء أجوبة كاملة ومفاجئة ومقنعة . سوف ننشغل معهم بمناقشة هذه الأمور بالتفصيل لاحقاً في هذا الكتاب . غير أننا سنشير منذ الآن الى نتيجة لبحوثهم ذات أهمية غير عادية وهي : انه يوجد في الطبيعة الحية ذكاء لا يرتبط بأية عضوية ملموسة أو بكلمات أخرى إن العقل ممكن دون وجود الدماغ الذي يؤويه .

لا يستطيع أحد أن ينفي كون الطريقة التي تتبعها الفراشة الهندية بتحضير الأوراق للاختباء فيها طريقة هادفة ومحققة للغرض ، وان الحشرة بهذه الطريقة تتخذ مسبقاً احتياطات لحماية نفسها من أخطار ستقع في المستقبل عندما تصبح يرقة ساكنة لا حول لها ولا قوة . كما انه لا يمكن نكران أن بناء الهياكل الخلبية التي توضع حول الموقع الحقيقي يراعي بدقة مذهلة سلوك الطيور وعلى الأخص شروط تعلمها واكتسابها الخبرة .

على الطرف الآخر لدينا ما يؤكد ان الفراشة الخالية عملياً من الدماغ ليست ذكية ، على الرغم من أن لسلوكها مواصفات تعتبر بحق من خصائص الذكاء : الفعل الهادف ، مراعاة الأحداث المستقبلية ، مراعاة التصرفات المحتملة لكائنات حية من فصيلة مختلفة تماماً . يتحدث علماء السلوك بمن فيهم كونراد لورنس في هذه الحالات أحياناً عن السلوك «شبه التعلمي» أو «شبه الذكي» .

من البديهي أن الأفكار التي عرضناها لا تنطبق على سلوك الفراشة الهندية وحسب ، بل هناك كثير من الأمثلة المدهشة الأخرى في عالم الحيوان والنبات . لقد اخترت هذا المثال بالذات لأنه يبرز الفكرة التي أبتغيها بوضوح خاص . تنطبق هذه الأفكار أيضاً على أشكال التكيف البيولوجي الأخرى ومن حيث

المبدأ ، كما سنرى لاحقاً ، على جميع مجالات الطبيعة : ليس على الطبيعة الحية وحسب بل وعلى الطبيعة اللاحية أيضاً .

نحصل من كل هذا على استنتاج مثير وبالغ الأهمية سنتعرض له مراراً وتكراراً في هذا الكتاب وسأشير اليه هنا بجملة مختصرة وهو ان دخول العقل والوعي الى هذا العالم لأول مرة لم يكن معنا نحن البشر . يبدو لي أن هذه المقولة هي أهم معرفة نستطيع استخلاصها من نتائج بحوث العلوم الطبيعية الحديثة . السعي نحو الهدف والتكيف والتعلم والتجريب والابداع وكذلك الذاكرة والتخيل كلها كانت موجودة ، كما سأحاول بيانه تفصيلاً في هذا الكتاب ، منذ زمن طويل قبل وجود الأدمغة . علينا أن نعيد النظر ونتعلم من جديد أن الذكاء لم يوجد لأن الطبيعة تمكنت بعد سلسلة طويلة من التطور الوصول الى الدماغ الذي جعل ظاهرة «الذكاء» ممكنة .

إذا ما درسنا متحررين من جميع الأحكام المسبقة تاريخ نشوء الحياة على الأرض وتاريخ نشوء الأرض ذاتها ونشوء غلافها الجوي والشروط الكونية التي يقوم عليها كل هذا كما تعرضها لنا المعارف العلمية الحالية عندئذ نجد أنفسنا أمام أفق مختلف تماماً يقف على النقيض تماماً مما كنا نظنه حتى الآن :

لم تتمكن الطبيعة من ايجاد مجرد الحياة وحسب بل تمكنت أيضاً من ايجاد الأدمغة وأخيراً الوعي البشري الأمر الذي لم يكن ممكناً إلا لأنه كان يوجد دائماً في هذا العالم ومنذ اللحظة الاولى لنشوئه : عقل وخيال وسعي نحو الهدف .

هذه هي النقطة الحاسمة : إن المبادىء التي نظن انها تقتصر ببداهة على المجال «السيكولوجي» كانت في الواقع موجودة وفاعلة في عالم ما قبل الوعي وحتى في المجال اللاعضوي . هذه المعرفة هي على الأرجح أهم نتيجة من نتائج العلوم الطبيعية الحديثة . إن النتائج المترتبة على هذا الاكتشاف بالنسبة لفهم الانسان لذاته ولفهمه للعالم تعتبر من بعض النواحي انقلابية . من هذا المنطلق يصبح تقسيم العلوم الى «علوم انسانية» و«علوم طبيعية» تقسيماً مصطنعاً غريباً عن الواقع ولا معنى له .

إن النقطة الحاسمة في التاريخ ، الذي سيعالج في هذا الكتاب ، هي الحقيقة المكتشفة من العلوم الحديثة ، والتي تؤكد أن آثار العقل والذكاء كانت موجودة في العالم وفي الطبيعة منذ مدة طويلة قبل نشوء الانسان وقبل نشوء الوعي . إننا لا نقول هذا بالمعنى الايديولوجي (وإن كانت ستترتب عليه نتائج عميقة التأثير على الايديولوجيات والنظرات الشمولية الى الحياة) . كما اننا لا نقوله بالمعنى اللاهوتي الذي يفترض وجود روح علوية فوق طبيعية تقف وراء هذا النظام الذي نصادفه في كل مكان في الطبيعة الحية . قد يكون هذا الطرح مشروعاً وقابلاً للنقاش لكنه لا يدخل في اطار ما نعنيه هنا .

عندما نزيل هذا الالتباس المحتمل يصبح موضوعنا واضحاً : لقد تمكن العلم اليوم من إعادة تصميم تاريخ العالم بخطوطه الجوهرية العريضة . كلما توضحت صورة هذا المجرى التاريخي العملاق والممتد مليارات السنين كلما ازداد التأكد بأن القدرة على التعلم وتراكم الخبرات والتخيل والتجريب الحسي والخواطر العفوية وغيرها كانت تتحكم منذ البدء في مسيرة هذا التاريخ .

من الواضح أن اعتقادنا في الماضي بأن انجازات من هذا النوع تفترض وجود دماغ يقوم بها ما هو إلا حكم مسبق ، وعلى الأخص اعتقادنا بأن التخيل والابداع وتحسُّب احتمالات المستقبل تفترض وجود دماغنا البشري . إن ما شاهدناه لدى الفراشة الهندية يعلمنا أن مثل هذه الانجازات كانت موجودة في هذا العالم منذ مدة طويلة قبل وجود أقدم الأدمغة .

اننا نميل دائماً بدون كلل أو ملل إلى ان نضع انفسنا في المركز . لكن نتائج دراسات الواقع وبحوث العلوم الطبيعية تحررنا شيئاً فشيئاً من هذا الوهم . لقد برهنت لنا اننا لا نعيش في مركز الدائرة وان ارضنا الكروية تدور حول الشمس التي هي بدورها لا تقف في مركز الكون .

حتى اليوم لم تزل الأرض بالنسبة لمعظم البشر هي مركز العالم الروحي أي أنها كما يعتقدون جميعاً هي المكان الوحيد في الكون الهائل الكبر ، الذي تطورت فيه الحياة والوعي والذكاء . ان هذه القناعة هي في الحقيقة ايضاً ليست سوى رداء جديد نواجه فيه جنون المركز القديم[1] . تنتشر هذه الفكرة اليوم ببطء ولكن دون توقف مستندة إلى نتائج البحوث العلمية في الفضاء الكوني خارج نطاق الأرض .

عند كل خطوة من هذه الخطوات توجب علينا التخلي عن عادة من عاداتنا التفكيرية . في كل مرة كانت تبدو لنا فيها الصورة الجديدة للواقع لا معقولة ، كانت تبدو لنا على انها تناقض بديهياتنا . وكانت ردود فعل الأجيال السابقة معادية لكل خطوة جديدة . لقد راح جيوردانو برونو ضحية الاكتشاف الأساسي الذي هز الوعي الانساني في اعماقه وهو ان الشمس ليست سوى نجم بين عدد لا محدود من النجوم المتناثرة في الكون الهائل الضخامة . أما مصير شارل داروين فقد كان افضل فقط لأن عادة الحرق للشخصيات غير المرغوبة قبل مائة سنة لم تعد دارجة كما كان الأمر قبل ذلك . لقد جعله اكتشافه الهام القائل بأن الانسان ليس حالة خاصة جاءت من «الخارج» ووضعت في الطبيعة وانما ينتسب إلى الطبيعة ذاتها وله قرابة مع كل ما يزحف ويدب فيها وانه نشأ معه ومثله خلال مسيرة نفس التاريخ التطوري ، نقول هذا القلب الراديكالي للصورة الذي قام به هذا الباحث الانكليزي العظيم جعله حتى اليوم بالنسبة للكثيرين مشبوهاً أو لربما مكروهاً .

بهذا الشكل يبدو لنا كبديهيات لا تحتاج إلى تعليل ان الانجازات المحددة التي نسميها «عقلانية» أو «سيكولوجية» لم تكن ممكنة الحصول بدون دماغنا وأنه كان يتوجب على العالم ان يبقى بدونها قبل ان نوجد نحن . يثبت تاريخ الطبيعة ان هذه الفكرة ايضاً ليست سوى تعبير عن شعورنا الجنوني بمركزيتنا . بيا في الواقع فإننا ، كما يبدو ، لا نمتلك الوعي والذكاء إلا لأن مقدمات وامكانات نشوء الوعي والذكاء كانت موجودة في العالم منذ البدء .

---

(١) نظرية المركز : احدى نظريات علماء الكنيسة إبان الصراع المشهود الذي دار في عصر النهضة وتقول النظرية فيما تقول : إن كرة من الحديد لها وزن بالطبع ، لكن جميع أو كل وزنها هو وزن مركز ثقلها فقط .
في المغناطيسيّة تقول النظرية إن طاقة الجذب كلها موجودة في مركز القطب المغناطيسي فقط .
وعلة ذلك حسب رأيهم أن روحاً أو قوة خفية حلت في تلك النقاط أو المراكز . ـ ملاحظة من المراجع .

سنتتبع في هذا الكتاب آثار هذه المقدمات والإمكانات عبر تاريخ نشوء وتطور العالم استناداً إلى النتائج العلمية المعروفة اليوم وبمقدار ما تقدمه لنا من حقائق . ان المهمة ليست سهلة غير انها مثيرة ومذهلة . وبما ان جذور وجودنا ذاته كبشر تنطلق من أعماق هذا الكون فإننا سنتعرف من خلال ذلك على شيء حول ذاتنا نفسنا .

** ** **

القسم الأول

منذ الانفجار الكوني الأول حتى نشوء الأرض

١ ـ كانت توجد بداية .

في ربيع عام ١٩٦٥ سمع آرنو بينزياس و روبرت ويلسون كأول انسانين صدى نشوء العالم ، غير انهما لم يعرفا ذلك .

كان بينزياس وويلسون يعملان في قسم البحوث لشركة بيل تلفون الالكترونية ومكلفان بتطوير هوائي ذي قدرة خاصة على الاستقبال . كانت الأقمار المفضلة آنذاك هي ما يسمى اقمار الصدى وهي عبارة عن كرات ضخمة من صفائح الألمنيوم الرقيقة التي كنا نستطيع رؤيتها بالعين المجردة على مساراتها في قبة السماء في الليالي الصافية لأن سطحها المصقول كان يعكس ضوء الشمس كمرآة . كانت هذه «الاصداء» (العواكس) كما يشير اسمها مجرد اجهزة «سلبية» اي أنها لم تكن تستطيع ان تقيس شيئاً ولا أن تبث أية رسالة إلى الأرض . لم يكن وزنها يتجاوز ٦٠ كيلو غراماً وكانت تطوى كطرد وتطلق في الفضاء على ارتفاع ١٥٠٠ كم من سطح الأرض ثم تنفخ هناك بواسطة غاز معين لتصبح كرات بقطر ٣٠ متراً .

لم تكن هذه الكرات العملاقة السابحة فوق الغلاف الجوي الأرضي تعكس ضوء الشمس وحسب بل كانت مهمتها التقاط وعكس اشارات الارسال باتجاه الأرض . كان يمكن بمساعدة هذه الاشارات حساب مساراتها بدقة وكشف الانحرافات الحاصلة عليها والناتجة عن مقاومة الطبقات العليا من الغلاف الجوي التي لم تزل موجودة على هذا الارتفاع . بهذه الطريقة درست بواسطة مشروع الصدى هذا خلال الأعوام من ١٩٦٠ إلى ١٩٦٦ الشروط السائدة في الطبقات العليا من الغلاف الجوي .

بغية التقاط الاشارات التي تعكسها هذه الأقمار البالونية قام العالمان ببناء هوائيات خاصة تستطيع التقاط اضعف الاشارات وكانت فوق ذلك مصممة بحيث تستطيع الغاء أي تشويش . كان الهوائي المصمم لهذا الغرض يشبه قرناً كبيراً طوله ١٠ أمتار له عند احدى نهايتيه فتحة كبيرة قياس ٦×٨ م بينما يضيق القرن باتجاه نهايته الأخرى التي تتصل بالجهاز مشكلاً ما يشبه القمع . يذكر كل هذا بالانبوب

الذي كان يستخدمه ضعيفو السمع في العصور الوسطى . كان لهذا الهوائي فعلاً نفس الوظيفة .

لقد حصل مع بينزياس وويلسون في اثناء اجراء تجاربهم في ربيع ١٩٦٥ أمر دفع بهم إلى اليأس وهو أنهم التقطوا تشويشاً لم يتمكنوا من حصر مصدره رغم كل الجهود المبذولة ورغم ان حصره كان يجب ان يكون سهلاً نسبياً . كان كل شيء يشير إلى أن السبب يجب ان يكون في الجهاز نفسه . كان باستطاعة الباحثين تدويره إلى أية جهة يريدونها إلا ان التشويش لم يتغير اطلاقاً . كانا يعتقدان ان تشويشاً قادماً من الخارج يعتبر بحكم المستحيل . لكنهم لم يتمكنوا من ايجاد اي خلل في جهاز الاستقبال .

سمع بالصدفة الفيزيائي روبرت ديك بالصعوبات التي يعاني منها الرجلان . كان ديك يعمل في جامعة برينستون الشهيرة ويدرس منذ سنين المسائل الفضائية . لذلك كان قد صمم في قسمه اجهزة جديدة لقياس ودراسة اشعة الراديو الكونية مما جعله واسع الاطلاع في هذا المجال . علاوة على ذلك لم يكن القسمان يبعدان كثيراً عن بعضهما البعض. وهكذا حصل الاتصال الأول بينهما .

عندما سمع ديك التفاصيل الأولى عن نوعية التشويش الذي كاد يتلف أعصاب بينزياس وويلسون استنفر جميع معاونيه وسافر فوراً إلى هيلمدل حيث يوجد قسم البحوث لشركة بيل تلفون . ازال ما سمعه هناك وما رآه في الموقع فوراً آخر الشكوك : ان التشويش الغامض الذي ضلل زملاءه يأتي فعلاً من الخارج . إنه ظاهرة كونية كان قد تنبأ بها هو نفسه قبل عدة سنوات انطلاقاً من تأملات نظرية .

كان قد حاول مع معاونيه عبثاً منذ سنين اثبات وجود هذا النوع من الاشعاعات . بذلك كان بينزياس وويلسون قد اكتشفا بالصدفة البحتة هذه الظاهرة دون أن يعرفا حتى زيارة فريق برينستون مدى أهمية ما اكتشفاه . ان ما استقبلته اجهزتهما على الموجة طول ٧,٣ سم ، هذا التشويش الغريب الذي كان يأتي من جميع الجهات بنفس الوقت وبنفس القوة كيفما ادارا هوائيهما لم يكن «تشويشاً» . انه ليس سوى الانعكاس الالكتروني للبرق الهائل الناتج عن «الانفجار الكوني الأول» الذي نشأ معه قبل حوالى ١٣ مليار سنة عالم الكون بكامله . كان هذا «التشويش» الذي اكتشفه بينزياس وويلسون أول اشارة ملموسة إلى ان الكون متناه في المكان والزمان .

كانت هناك مؤشرات على حصول هذا الانفجار معروفة منذ اكثر من مائة سنة لكن أحداً لم يجرؤ على استخلاص النتائج منها لأن الفكرة كانت تبدو غير معقولة . اننا لم نزل حتى اليوم في نفس الموقع . من منا لم يتساءل عندما ينظر ليلاً إلى قبة السماء عما اذا كان ما فوقنا «يمتد حتى اللا نهاية» . بقدر ما كان تصور ذلك صعباً بقدر ما كان يبدو مستحيلاً تصور النقيض وهو ان ما فوقنا «ينتهي في مكان ما» مهما بعدت المسافة . كيف يمكن ان تكون هناك حدود كونية طالما اننا نستطيع ان نسأل فوراً ماذا يأتي بعد هذه الحدود ؟

في نفس الدوامة الذهنية كان يدور اسلافنا منذ ان بدأوا تكوين افكار علمية عن حجم الكون واستمراره . وقبل ذلك مرت عدة قرون لم يخطر ببال الناس فيها حتى طرح مثل هذه التساؤلات . في العصور القديمة والوسطى كانت نهائية الكون تعتبر أمراً بديهياً تماماً . اما الاجابة على التساؤل عن حدوده فكانت تبدو في غاية البساطة : خلف نطاق الكواكب والنجوم مباشرة تبدأ السماء الإلهيّة . اما اتساعها

كعرش إلهي فلم يكن يثير أية تساؤلات - فيما يتعلق بالإله كان كل شيء غير قابل للتصور .
من الصعب ان نحاول قراءة أفكار تلك العصور الحضارية القديمة ، لكنني اعتقد اننا نستطيع ان نتكهن ان البشر آنذاك لم يكونوا يعتبرون نهائية الكون على أنها مؤكدة لا حياد عنها وحسب ، بل كانوا يرون انها صحيحة وجيدة . ان تكون مملكة الرب الخالق القادر على كل شيء لا متناهية فهو أمر لا يحتاج إلى اي تعليل . وان يكون العالم الأرضي للبشر محدوداً ، الذي هو في كل الأحوال ليس سوى مقر اقامة مؤقتة لأبناء الرب الفانين ، فهو أمر لا يستحق كثيراً من الجدال .

فقط على هذا الاساس نستطيع ان نفهم الحدة والعدائية التي أثارها جيوردانو برونو باكتشافه الهائل الذي راح ضحية له . ان الفكرة القائلة ان كل نجم في السماء هو شمس كشمسنا لم تزل تدوخنا حتى اليوم . كما ان التصور بأن عدد هذه الشموس يتجاوز حدود قدراتنا على المشاهدة وهو كبير بدرجة لا متناهية ومنتشر في جميع ارجاء الكون اللا متناهي كان له على معاصري برونو في نهاية القرن السادس عشر تأثيراً صاعقاً لأن شعور الاطمئنان بالعيش في عالم وإن كان كبيراً جداً فهو محدود ومنظور ومنطو في ظل القدرة الالهية اللا متناهية اهتز من جذوره .

قبل كل شيء سجل الناس على هذا الدومينيكي الانفصالي مأخذ التجرؤ الوقح على اعطاء الكون صفة تقتصر على الله وحده : اللاتناهي في الزمان والمكان . كان هذا استخفافاً واضحاً بالإله ذاته . لا شك ان برونو نفسه قد شعر بهذا الصراع وقد اصر بعناد لسنين طويلة على رفض الذهاب إلى الكنيسة . رغم ذلك تمسك باصرار بما اعتقد أنه متأكد من صحته . لقد كان معروفاً بالنسبة له كما هو معروف لمعاصريه ان ادعاءه بلا نهائية الكون في ذاك الوقت يعتبر جريمة عقابها الموت .

لم تنفعه محاولاته لتعليل مقولته عن لا نهائية الكون وثباته الأبدي على انها الصيغة التي يعبر فيها الإله عن ذاته ، أي ان الكون يجب ان يكون لا متناهياً لأنه هو الإله بذاته (سنرى لاحقاً ان الحجج المقدمة في معرض هذا النقاش لم تزل تعتبر عصرية ولم تفقد في ضوء الاكتشافات العلمية الجديدة اي قدر من جدتها) .

بقدر ما كان المستوى الفكري للنقاش الذي دار بين جيوردانو برونو وبين معاصريه من اللاهوتيين والفلاسفة عالياً بقدر ما كانت الاحداث التي تلته وأدت إلى الكارثة سخيفة وجانبية . في عام ١٥٩٢ كان هذا الفيلسوف الهارب يحاضر في جامعة هيلمشتيت (كانت توجد هناك منذ عام ١٥٧٦ جامعة صغيرة ولكنها مرموقة جداً وبقيت قائمة حتى عام ١٨٠٩) ثم في جامعة فرانكفورت . هناك وصلته دعوة من نبيل من البندقية للإقامة عنده . ليس معروفاً سبب قبول برونو لهذه الدعوة . أما الدافع الحقيقي للدعوة فلم يتوضح له إلا بعد فوات الأوان . كان البندقي يأمل من اللاجيء الاسطوري الذي ملأ الحديث عنه الدنيا ان يعلمه فنون السحر . وعندما خيب الضيف أمله في هذا الاتجاه اخبر عنه المحاكم الكنسية . بعد محاكمة طويلة استمرت سبع سنوات أعدم الفيلسوف الثائر بالحرق علناً في روما في ١٧ شباط عام ١٦٠٠ .

إن مصير هذا الرجل لم يزل يهز مشاعرنا حتى اليوم . ان قوة رمزية غريبة تنطلق من الحقيقة بأن

أول انسان توصل إلى الفكرة الهائلة بأن الكون الذي نعيش فيه لا متناه في الكبر قد قتل من قبل قومه بسبب هذا الادعاء . لكن مهما كانت القصة محزنة ـ حيث لا نستطيع ان نتجاهل جور الحكم وبشاعة وقسوة القضاء الجزائي آنذاك بالنسبة لمفاهيمنا الحالية ـ فلا يجوز ان يمنعنا تعاطفنا مع هذا الرجل الصامد واحترامنا لاستشهاده في سبيل العلم من القول بأنه لم يكن مصيباً .

يبرهن الفلكيون اليوم بمساعدة تلسكوبات (مناظير) الراديو والمراصد التي تستخدم الأقمار الصناعيةان اللانهاية في الزمان والمكان كانت ولم تزل من امتيازات الإله وحده ـ سواء آمن به الناس أم لم يؤمنوا . أما في هذا العالم فإن اللانهاية غير موجودة بأي شكل من الاشكال لا بل انها غير ممكنة . وهذا ينطبق ايضاً على الكون ككل . تكمن الاهمية الفائقة لاكتشاف «التشويش» الذي توصل اليه بينزياس وويلسون بالصدفة عام ١٩٦٥ في انه ، كما بينت جميع البحوث اللاحقة ، يقدم أول برهان ملموس على هذه المقولة . لكي نفهم لماذا الأمر كذلك يجب ان نتوسع قليلاً في هذا الموضوع .

كان عمانويل كانط ايضاً بعد قرن ونصف من جيوردانو برونو يرى من البديهي ان الكون يجب ان يكون لا متناهياً في الكبر وأبدياً في الثبات . معظم الناس يعرفون هذا الرجل العظيم على انه فيلسوف وحسب . لكن مؤلفه الصادر عام ١٧٥٥ «تاريخ الطبيعة العام ونظرية السماء» لم يزل حتى اليوم (بغض النظر عن اسلوب البناء اللغوي المتعب والمعقد) كتاباً فلكياً قيماً . طوّر كانط في هذا الكتاب نظرية عن نشوء الكواكب ـ ما يسمى «فرضية النيازك» ـ بدأت اليوم بعد مرور قرنين من الزمن تبدو على انها التفسير المرجح . يتضمن نفس هذا الكتاب الصفحات التي يصف فيها كانط كأول شخص وجود مجرتنا وصورتها المحتملة ويستخلص من المخططات التي حصل عليها من بعض المراقبين الفلكيين بالمنطق البحت وجوب وجود عدد لا محدود من مثل هذه المجرات خارج مجال مجرتنا .

كان هذا الرجل العظيم يرى ايضاً ، شأنه شأن جيوردانو برونو ، ان الكون لا متناه على الرغم من انه ، كما سنرى ، من السهل نسبياً البرهنة بالتأمل المنطقي البحت على ان هذا لا يمكن ان يكون صحيحاً . كان كانط ايضاً يعلل لا نهائية الكون بكونه من صنع الإله وهو بالتالي لا محدود مثله مثل هذا الإله . بكلمات أخرى نجد ان كانط ينحرف عند هذه النقطة عن حججه العلمية البحتة ويتوصل بالتالي إلى استنتاج اصبحنا نعرف اليوم انه خاطىء .

أن تكون الأمور على غير هذه الحال فقد تجلى أول مرة لرجل يعمل في الطب هو دكتور ڤيلهلم اولبرس الذي كان في بداية القرن الماضي يمارس مهنة الطب في مدينة بريمن . من المؤكد ان اولبرس كان طبيباً ممتازاً حيث انه حصل على جائزة وضعها نابليون لأفضل دراسة عن الديفتريا . إلى جانب مهنته كان يهتم في اوقات فراغه بشغف هائل بعلم الفلك . في هذا المجال ايضاً كان نجاحه فوق الوسط . لقد اكتشف ما لا يقل عن ست نيازك واثنين من اصل التوابع الكوكبية الأربعة التي اكتشفت على الاطلاق (بالاس وفيستا) . علاوة على ذلك فقد حصل في الدوائر الفلكية على شهرة واسعة بطريقته الجديدة في حساب مسارات النيازك .

في يوم من الأيام بدأ هذا الرجل المتعدد الاهتمامات والواسع الذكاء بالتعجب من ظاهرة طبيعية وبسيطة نعيشها جميعنا كل يوم : لماذا يعم الظلام ليلاً . لقد اصطدم اولبرس خلال تأملاته الفلكية بتناقض غريب يبدو ان ما من أحد ممن سبقوه قد لا حظه : اذا كان الكون لا متناهي الكبر وكان ممتلئاً بالنجوم المتناثرة في كل مكان بصورة منتظمة فإن السماء بكاملها يجب ان تبقى حتى بعد غياب الشمس مضاءة بنفس الدرجة كما لو كانت الشمس ساطعة .

كانت طريقة برهان هذا الطبيب على مقولته كما يلي : عدد لا متناه من النجوم ينتج كمية لا متناهية من الاضاءة . صحيح ان اضاءة نجم ما تتناقص طرداً وبسرعة كلما ابتعد ، بالتحديد طرداً مع مربع بعده . هذا يعني أن شمسنا لو ابتعدت عنا إلى ضعف المسافة التي هي عليها الآن لتراجعت قدرتها على الاضاءة والتسخين إلى الربع أو أن أي نجم يبعد عنا مسافة أكبر الف مرة من بعد الشمس ستكون إضاءته بالنسبة لنا واحد من مليون من اضاءة الشمس .

حتى هنا يبدو كل شيء على أفضل ما يرام . يبدو أن كمية الاضاءة اللا متناهية التي ينتجها عدد لا متناه من النجوم لا تستطيع بسبب بعد النجوم المتزايد أن تصل الينا . لكن هذا الاستنتاج كما يبرهن اولبرس هو استنتاج خاطىء وخادع . انه لا يمكن ان يكون صحيحاً لأن عدد النجوم يتزايد مع تزايد المسافة بصورة أسرع من تناقص الاضاءة . يكون هذا التزايد بالتحديد ليس طرداً مع مربع المسافة ، كما هو الأمر بالنسبة لتناقص الاضاءة ، وإنما طرداً مع مكعب المسافة .

لنحاول ان نتصور ما يعني هذا القول . لنفترض كيفياً تماماً أنه يوجد في منطقة حول الأرض ممتدة ١٠ سنين ضوئية في جميع الاتجاهات ١٠٠ نجم تمد ليالينا بضوء خفيف . لنخط الآن خطوة إلى الأمام وندخل في اعتبارنا جميع النجوم حتى ضعف المسافة اي حتى مسافة ٢٠ سنة ضوئية . ستبدو لنا عندئذ النجوم المضافة التي تبعد عنا وسطياً ضعف المسافة بسبب بعدها المضاعف على درجة من الانارة تبلغ شدتها فقط ربع شدة انارة النجوم المائة التي انطلقنا منها . لكن وهذه هي النقطة الحاسمة : في المجال الممتد إلى ضعف المسافة يوجد ، في حال التوزع المنتظم ، عدد من النجوم لا يساوي الضعف أو أربعة امثال وانما ثمانية أمثال اي ٨٠٠ نجم . اذا ما ضاعفنا المسافة مرة أخرى اي اذا ما اخذنا كرة فضائية حول الأرض قطرها ٤٠ سنة ضوئية فإن درجة اضاءة النجوم المضافة ستتراجع إلى واحد من ستة عشر (مربع المسافة المضاعفة اربع مرات) لكن العدد الاجمالي للنجوم المضافة سيرتفع إلى ٦٤ ضعفاً (مكعب المسافة المضاعفة اربع مرات) .

وهكذا تسير الأمور مع كل تكبير للمسافة . يتزايد عدد النجوم بصورة أسرع بكثير من تناقص اضاءتها . يتعلق هذا ببساطة بكون حجم الكرة الفضائية التي اعتمدناها في تجربتنا هذه حول الأرض يتنامى اسرع من سطحها الذي تظهر عليه النجوم من المنظور الذي نحن فيه .

لذلك يجب ، هكذا يستنتج اولبرس ، ان يأتي وقت ما ، وحتى لو مهما بعدت المسافة ، بحيث نصل اخيراً إلى الحد الذي يعوض فيه تزايد عدد النجوم السريع تناقص اضاءتها الأقل سرعة ومن ثم

يتجاوزه . بما انه في الكون اللا متناهي الكبر سيتم تجاوز هذه المسافة الحدية في كل الأحوال فإن السماء يجب أن تبقى مضاءة ليلاً كما هي مضاءة نهاراً .

من حسن الحظ اننا نستطيع ايضاح المشكلة التي عالجها اولبرس بطريقة أسهل : علينا فقط ان نتصور انه عندما يحتوي الكون عدداً كبيراً لا متناهياً (نؤكد : ليس كبيراً جداً لدرجة غير قابلة للتصور وانما كبيراً جداً لدرجة لا متناهية) من النجوم فإنه سيكون في كل نقطة من السماء عدد لا متناه من النجوم تصطف خلف بعضها البعض . عدد لا متناه من النجوم في كل نقطة من نقاط السماء سيصدر اضاءة لا متناهية وسيصل إلى الأرض منها مقدار لا متناه بغض النظر عن المسافة التي يبقى فيها توزع النجوم منتظماً .

بناء على ذلك استخلص اولبرس : «إن الظلام يجب ان لا يحل ابداً، حتى ولا في الليل» . لم يكن هناك من يستطيع نقضه ، لأن حساباته واستنتاجاته كانت غير قابلة للنقض . لكن رغم كل هذا التماسك المنطقي في البرهان لم يكن احد يستطيع ان ينفي ان الظلام يحل ليلة بعد ليلة على الأرض . بذلك أوجد اولبرس بطرح سؤاله تناقضاً من النوع الكلاسيكي .

استعان اولبرس ومعاصروه للخروج من هذا المأزق المحرج بالافتراض أن الكون قد يكون «غير شفاف» بما فيه الكفاية . لا شك ان الفكرة صحيحة تماماً من حيث المبدأ اذ أصبح معروفاً اليوم أنه يوجد فعلاً في الكون كتل هائلة من الغبار ، تبدو كغيوم داكنة مترامية الاطراف أو كغبار متناثر بكثافة قليلة يسمى الغبار الكوني ، تخفف الضوء القادم من النجوم البعيدة أو تمتصه (تحجبه) تماماً . بهذا بدا وكأن المسألة قد حلت بصورة مرضية . اذا كان ضوء النجوم لا يصل الينا كاملاً تكون الفرضيات النظرية المقنعة التي انطلق منها اولبرس لم تتحقق عملياً وبالتالي النتائج .

هكذا بدا وكأن النظام القديم الجيد والمريح قد عاد على أحسن ما يرام . لكن هذا لم يكن سوى مظهر مضلل لأن هذا المهرب خلق تناقضاً جديداً . اذا كانت المشكلة التي طرحها اولبرس تنطلق من فرضية الامتداد المكاني اللا نهائي للكون فإن الحل الذي وضع لها يصطدم مع فرضية الامتداد الزماني الأبدي لهذا الكون .

اذا كان يوجد في الكون غيوم داكنة تمتص الضوء المنبعث من النجوم عندئذ يجب ان يكون هذا الضوء (هكذا يمكن ان نستنتج اليوم) قد سخّن منذ زمن طويل هذه الغيوم الداكنة إلى درجة تصبح معها هي نفسها مضيئة كالنجوم ، إذ لا بد ان تبقى الطاقة المنطلقة من النجوم في مكان ما في النهاية لأن ما من شيء يفنى في الكون . عندما لا تصل الينا هذه الطاقة لأن غيوم الغبار تمتصها فإنها ستبقى اذن في هذه الغيوم . ومهما كانت هذه الطاقة التي تجمعها الغيوم عبر زمن طويل بصورة لا متناهية ضعيفة فإن هذه الغيوم ستلتهب حتماً مبكراً أو متأخراً وتصبح مضيئة كالنجوم . وهكذا نكون قد عدنا ، فيما يخص مشكلة اولبرس ، إلى النقطة التي انطلقنا منها .

اليوم اصبحنا نعرف اين يكمن الخطأ . ان الكون ليس لا متناهياً لا في الكبر ولا في القدم ، لا في المكان ولا في الزمان . بهذا تسقط النقطة الحاسمة في تناقض اولبرس . ان النقطة الأساسية في طريقة

برهان الفلكي الهاوي الفذ هي «المسافة الحدية» الحرجة . لم نزل نتذكر : ان اولبرس استخلص من حساباته بصورة صائبة تماماً ان تناقص اضاءة النجوم سيعوَّض اعتباراً من مسافة معينة بسبب تزايد عددها بنسبة أكبر طرداً مع تزايد المسافة .

هذه المسافة الحدية يمكن حسابها وهي تبلغ حوالى ١٠^٢٣ أي ١٠٠ تريليون سنة ضوئية . استناداً إلى هذا الرقم يتضح فوراً لماذا يحل الظلام ليلاً . إن الكون هو اصغر بكثير مما تصور اولبرس ومعاصروه . إنَّه ليس لا متناهيا وحسب بل هو صغير جداً لدرجة ان تزايد عدد النجوم المطرد لا يبلغ النقطة التي يصبح معها ، حسب حسابات اولبرس ، فعالاً . ان أكبر مسافة كونية واقعية بالنسبة لنا تبلغ حوالى ١٣ مليار سنة ضوئية,وهذا الرقم لا يساوي سوى عشرة إلى مليار من مسافة اولبرس الحدية . (سوف نشرح لاحقاً الاسباب التي تدعونا إلى الاعتقاد ان للكون في الوقت الحالي هذا القدر من الامتداد) . في كل الأحوال يبقى مؤكداً اننا نحصل كلما حل الظلام على برهان ملموس على ان الكون ليس لامتناهياً لا في المكان ولا في الزمان .

بذلك نكون قد عدنا إلى الدوامة الذهنية التي انطلقنا منها في بداية هذا الفصل . اذا كان الكون لا متناهياً في الكبر فكيف يمكن ان يكون محدوداً ؟ كيف يمكن ان نتصور مثل هذه المحدودية للعالم ؟ كيف يمكن ، بتعبير آخر ، أن نحل مشكلة الحدود النهائية التي تحتوي كل ما يوجد بدون استثناء بحيث لا يوجد «خارج» بعد ؟ ان عدم امكانية تصور مثل هذه الحدود هو في النهاية السبب الذي جعل اسلافنا يفترضون ، منذ ان بدأوا تكوين افكار عن هذه المسألة ، بداهة كون العالم لا متناه . وقد كان هذا ينطبق حتى على اولبرس على الرغم من انه توصل إلى البرهان الحاسم على العكس .

إن «عدم القدرة على التصور» الذي يعتبر الخبرة التالية التي اكتسبها العلماء عبر تأملاتهم هو حجة رديئة ومعرضة للطعن عندما يتعلق الأمر بدراسة الكون ككل . يعتبر هذا الاكتشاف احد الانجازات العظيمة التي حققها آلبرت اينشتاين . ان البداهة التي كان ينطلق منها البشر دائماً حتى حصول هذا الاكتشاف الفني ، والقائلة بأن العالم والطبيعة التي نعيش فيها حتى اعمق اعماقها واغمض اسرارها ليست قابلة للفهم وحسب بل وعلاوة على ذلك يجب ان تكون مبنية بشكل يجعلها تخضع للقدرات التصويرية لدماغنا ، هي في الواقع ليست سوى تعبير آخر عن جنون التمركز الذي نضع انفسنا فيه . ينطبق هذا بنفس المقدار على ميلنا العنيد والغريزي حتى اليوم إلى رفض تفسيرات بعض الخصائص المعينة للعالم على انها خاطئة فقط لأنها غير مرضية بالنسبة لنا .

اية سذاجة تكمن وراء توقعنا ان كل هذا العالم الذي نجده أمامنا بكل ما فيه من اشياء وما يختبىء فيها من اسباب يجب ان يتسع له حجم دماغنا بالتمام والكمال . لن تخطر لنا هذه الفكرة المغامرة عند اي كائن آخر عدانا . عند جميع اشكال الحياة الأخرى التي نعرفها نقتنع ان هذا غير ممكن اطلاقاً .

اننا لا نجد ما يقلق في ان لا تعرف النملة شيئاً عن النجوم . ان يكون الواقع الذي يعيشه قرد أفقر بكثير من واقع العالم الذي يعيش فيه يبدو لنا ايضاً على انه أمر طبيعي . لكن اذا ما راقبنا قرداً بعناية يمكن ان يغمرنا شعور بالاحباط عندما ندرك كم هي قريبة النقطة التي وقف عندها هذا الحيوان في تطوره العقلي

من امكانية التفكير الذكي ، وكم هو يائس احتمال تجاوزه لهذه النقطة . لكن ما من احد منا يرى ان هذا الأمر يستحق التفسير او يرى فيه ما يثير التساؤل بل يبدو لنا طبيعياً تماماً ان يكون الأمر كذلك .

ينطبق هذا ايضاً على نظرتنا لأسلافنا وللاشكال الأخرى لـ«انسان ما قبلنا» . لم يكن انسان نياندرتال يعرف أي شيء عن الصبغيات الوراثية ولا عن وجود الذرة بكاملها بغض النظر عن بنيتها المعقدة . رغم ذلك لم تنشأ لا آلية التوريث ولا بنية الذرة مع اكتشافنا لهما بعد عدة آلاف من السنين . لولا وجود الصبغية الوراثية لما تمكن انسان نياندرتال من متابعة الاستمرار . في زمانه أيضاً كانت تتحدد مواصفات المواد التي يصنع منها ادواته البدائية بالبنية المختلفة للذرات التي كانت آنذاك تتكون منها أيضاً .

لم يكن انسان نياندرتال يدرك اي شيء عن مجالات العالم المحيط به ولا عن المجالات الكثيرة الأخرى التي اصبحنا ندركها اليوم ليس لأنها لم تكن قد صادفته أو لأن اهتماماته لم تكن تتحرك في هذا الاتجاه . اننا نستطيع ان ندعي بتأكيد كاف ان دماغه لم يكن قد تطور بما يكفي ليتمكن من ادراك اجزاء الواقع التي تختبيء خلف واجهة ما تراه العين . لا يسبب لنا اية صعوبات ان نقتنع ان اجزاء كبيرة من العالم لم تكن موجودة بالنسبة لادراكات هذا الانسان البدائي لأن دماغه ببساطة لم يكن قادراً على ادراكها .

نفس القناعة تصبح دفعة واحدة صعبة بالنسبة لنا عندما يتعلق الأمر بنا انفسنا . عندئذ نتصرف فجأة وكأن كل هذه المليارات من السنين في عمر التطور لم يكن لها سوى غرض واحد وحيد هو السعي للوصول بنا إلى هذه المستوى من التطور الذي نحن عليه الآن . بعدئذ نعرض الحجج هكذا وكأن دماغنا قد بلغ في هذه المرحلة التي نعاصرها صدفة أعلى درجة ممكنة من التطور بحيث يستطيع استيعاب كل هذا العالم بكل ما له من خصائص وقوانين .

إن الحقيقة تكمن في أن وضعنا لم يختلف كثيراً من ناحية المبدأ عن وضع انسان نياندرتال . لا شك أن معارفنا عن خصائص الكون قد قطعت شوطاً بعيداً خلال الوقت الفاصل بيننا . لقد تطور دماغنا كما أن النتائج التي راكمناها عن بحوث ودراسات آلاف العلماء خلال مئات السنين قد فتحت أمامنا آفاق النفاذ الى ما يختبيء خلف ما نراه بالعين المجردة . غير أن هذا التقدم الحاصل خلال المائة الف سنة الأخيرة ليس سوى نقطة في بحر إذا ما قارناه بامتداد الكون الهائل بكل ما فيه من ظواهر وتعقيدات لا يمكن تصورها .

عندما نضع بمساعدة هذه التأملات المعايير في أماكنها الصحيحة يتجلى لنا مقدار سذاجة توقعنا بأن العالم بكل جزيئاته يجب أن يكون مفهوماً وواضحاً بالنسبة لنا . كما انه يصبح عندئذ من الأسهل علينا أن نقتنع أن المواقع التي لا نستطيع فهمها هي تماماً هناك حيث تبتعد بحوثنا عن شروط الوسط اليومي المعتاد . لذلك ليس هناك ما يبعث على العجب أن تكون الظروف في داخل الذرة وفي أقصى حدود الكون هي التي يصعب علينا تصورها وتبدو لنا «غير واضحة» . إن السبب الحقيقي للتعجب يكمن أكثر في أننا لا نستطيع على الاطلاق أن نضع تصورات مفيدة عن تلك المناطق من الكون أيضاً وإن كان يتوجب علينا

أن نكتفي بمعادلات رياضية ذهنية تجريدية تتضمن رموزاً غير واضحة .

إن الاكتشاف القائل بأن الكون ككل يختلف عما تعودنا عليه وعما يتناسب مع قدراتنا على التأمل والتصور هو انجاز فريد قام به البرت آينشتاين . كانت خلاصة تأملاته هي النظرية النسبية الاسطورية التي يقود اسمها الى التضليل . انها لم تعد نظرية بعد . على الأقل منذ ذاك اليوم من شهر آب عام ١٩٤٥ عندما تدمرت هيروشيما ، لأنه بدون اكتشاف آينشتاين حول تطابق المادة والطاقة لما كان صنع القنبلة الذرية ممكناً . كما انها علاوة على ذلك لم تكن نظرية منذ البداية بالمعنى الذي لم يزل يظنه كثير من الناس وهو أنها تكهن تخميني تم التوصل اليه في المكتب . على العكس من ذلك استندت نقطة انطلاقها على نتائج تجريبية ، أي على وقائع علمية ، لم يكن فهمها ممكناً بمساعدة القوانين الطبيعية المعروفة حتى ذلك الحين . كانت أهم نقطة انطلاق هي النتيجة الغامضة لتجربة قام بها الفيزيائي الامريكي البرت ميشلزون في عام ١٨٨١ في شيكاغو .

قام ميشلزون بتصميم جهاز يمكنه بواسطة ترتيب معين لعدد من المرايا من قياس سرعة الضوء القادم من الشمس بطريقتين احداهما بصورة عمودية على مسار الأرض والأخرى بصورة يتوجب معها جمع سرعة الأرض على مسارها الى سرعة الضوء . صحيح أن سرعة الضوء تبلغ ٣٠٠٠٠٠ كم في الثانية وسرعة الأرض بالنسبة للمنبع الضوئي ، أي الشمس ، تبلغ فقط ٣٠ كم في الثانية لكن رغم ذلك كان يتوجب أن تكون النتيجة في الحالة الاولى ٣٠٠٠٠٠ كم وفي الحالة الثانية ٣٠٠٠٣٠ كم في الثانية ، أي أن الفرق كان زهيداً . لكن ميشلزون كان قد صمم أجهزته بشكل بارع بحيث كانت قادرة على قياس الفرق بدقة كاملة .

تكمن الأهمية التاريخية لهذه التجربة في أنه عند القياس لم يظهر أي فرق . في كلا الحالتين حصل ميشلزون على نفس الرقم وهو ٣٠٠٠٠٠ كم في الثانية . كان هذا الامريكي يستطيع تدوير جهازه كما يشاء لكن سرعة دوران الأرض وبكل بساطة لم تقبل الإضافة الى سرعة الضوء . بما أن شروط اجراء التجربة كانت سهلة نسبياً وواضحة فقد بدت النتيجة مفاجئة تماماً وغامضة لأن ما من أحد يشك بحقيقة دوران الأرض حول الشمس .

أعيدت التجربة في السنين التالية مراراً لكنها أعطت دائماً نفس النتيجة (السلبية) مما أفقد الفيزيائيين صوابهم . كان آينشتاين أول من توصل في عام ١٩٠٥ الى اعطاء تفسير لهذه الأحجية . على الرغم من أن تفسيره بدا هزيلاً في البداية فإنه كان الأساس الذي بنى عليه «نظريته» الشهيرة . يمكننا القول ان آينشتاين تمكن من حل مشكلة تجربة ميشلزون لأنه لم ينطلق كغيره من النتيجة التي توقعها الجميع وإنما انطلق من النتيجة الفعلية واعتبرها صحيحة على الرغم من أنها كانت تبدو على أنها تخالف جميع قواعد المنطق السليم .

كانت النتيجة التي يتوقعها الجميع ويعتبرونها بديهية هي أن سرعة دوران الأرض يجب أن تضاف الى سرعة الضوء . لقد كانت الحالة واضحة تماماً كحالة المسافر في قطار الذي يتمشى داخل هذا القطار . إذا كان القطار يسير بسرعة ١٠٠ كم في الساعة وكان المسافر يتحرك داخل القطار بسرعة ٥ كم في الساعة

باتجاه حركة القطار،عندئذ تكون سرعة المسافر بالنسبة للأرض خارج القطار ١٠٥ كم في الساعة . هذه النتيجة صحيحة ويمكن قياسها ، لأن السرعتين ، سرعة القطار وسرعة المسافر المتحرك داخل القطار ، يجمعان الى بعضهما البعض. في الحالة المذكورة ، تتفق النتيجة تماماً مع مبدأ «القابلية اللامحدودة لجمع السرعات» الذي كان معروفاً في علم الحركة الكلاسيكي وكان يبدو بديهياً .

على ضوء هذا المبدأ كان غير مفهوم لماذا لم تحصل عملية جمع السرعتين في تجربة ميشلزون . صحيح أن إحدى السرعتين التي يجب جمعها ـ وهي سرعة الضوء ـ كانت في هذه التجربة أكبر بكثير من السرعتين المدروستين في حالة القطار لكن هذا الفرق لم يكن ، كما كان يبدو لهم آنذاك ، ليؤثر بأي حال من الأحوال على مبدأ التجربة وعلى النتيجة المتوقعة .

كانت الخاطرة العبقرية لآينشتاين تكمن في افتراضه أن الفرق بين نتائج التجربتين ربما يتعلق فعلاً بالتفاوت الكبير بين السرعات . على الرغم من أن هذا الافتراض كان يبدو غير اعتيادي وغير منطقي فقد انطلق منه آينشتاين قائلاً : ربما يكون العالم في مجال السرعات الكبيرة جداً كسرعة الضوء مختلفاً عنه في مجالات الحياة اليومية التي اختبرناها .

في أثناء هذه التأملات تزايد لدى آينشتاين الشك بصحة مبدأ «القابلية اللامحدودة لجمع السرعات» الذي كان يبدو بمنتهى البداهة . كان هذا المبدأ يبدو للوهلة الاولى مقنعاً ولا يحتاج الى أي برهان . لكن عند متابعته الى النهاية يؤدي في حالته القصوى الى نتائج مشكوك بها . القابلية «اللامحدودة» للجمع تعني مبدئياً أننا نستطيع جمع السرعات الجزئية الى بعضها البعض حتى نصل أخيراً الى سرعة لا نهائية . لكن السرعة اللانهائية لا يجوز أن تكون موجودة في الواقع ، هكذا استخلص آينشتاين ، لأننا في هذه الحالة سنتمكن من اجتياز الكون «لحظياً» وهذا طبعاً هراء . بذلك كانت نقطة الانطلاق للخطوة الحاسمة قد وجدت وكان آينشتاين الانسان الأول الذي قام بذلك : إذا كانت السرعة اللانهائية غير ممكنة فلا بد من وجود سرعة قصوى ، سرعة حدية عظمى ، لا يستطيع تجاوزها أي شيء ، لا المادة ولا الاشعاع ولا أي شيء آخر .

إذا كان الأمر كذلك فإن النتيجة الغامضة لتجربة ميشلزون تصبح واضحة ومفهومة . لم تعد هناك حتى حاجة الى تعليلها . كان يكفي فقط الافتراض أن سرعة الضوء هي هذه السرعة القصوى التي لا يستطيع تجاوزها أي شيء في هذا الكون . عندئذ يصبح واضحاً لماذا لا تقبل هذه السرعة الجمع الى أية سرعة اخرى . إن نتيجة تجربة ميشلزون ، هكذا أنهى آينشتاين تأملاته ، لا تقبل التعليل إلا بافتراض أن ما من شيء يستطيع أن يتحرك أسرع من الضوء ، أي أسرع من ٣٠٠٠٠٠ كم في الثانية ، حتى ولا الضوء ذاته . لقد اضطررنا في القرون الأخيرة خلال دراساتنا وبحوثنا عن الطبيعة الى التعود مراراً وتكراراً على أن الواقع يختلف عما كنا نعتقد . لقد تعلمنا أن البرق والرعد لا تنتجهما الآلهة الغاضبة وإنما حقول كهرطيسية لا مرئية لا نستطيع تصورها . لقد تعودنا على ذلك واستخلصنا منه العبر المفيدة . اننا نستطيع ذكر العديد من الأمثلة ابتداء باكتشاف كروية الأرض وانتهاء بالمفاجأة الكبيرة بأن الكون متناه .

لم نتوقف طويلاً في أي من هذه الحالات عند السؤال ، لماذا هو الأمر كذلك . علينا أيضاً فيما يتعلق

بسرعة الضوء أن نتصرف تصرفاً مماثلاً . ليس من أحد يستطيع أن يقول لنا لماذا سرعة الضوء هي أعلى سرعة ممكنة حتى ولا آينشتاين نفسه . إنها كذلك وحسب . إن تجربة ميشلزون تقدم لنا البرهان القاطع ولا يبقى أمامنا سوى قبوله كحقيقة ـ حتى ولو مهما تناقضت هذه الحقيقة مع تصوراتنا المعتادة ، وحتى لو تناقضت مع منطقنا . لكن سرعة الضوء وخصائصها المتميزة هي من خصائص الكون وليس هناك ضرورة لأن يتطابقا .

تعتبر هذه القناعة الانعطاف الحاسم الذي جلبته معها النظرية النسبية . من فهمها يكون قد أدرك الأهمية الانقلابية لهذه النظرية . لقد أصبح واضحاً منذ آينشتاين أن الجواب على السؤال عما يجعل العالم متماسكاً داخلياً يختلف عما كان أسلافنا يتمنونه منذ آلاف السنين : إنه ببساطة غير ممكن . ما من أحد يستطيع أن يقول لنا لماذا تبلغ سرعة الضوء في الفراغ تماماً ٢٩٩٧٩٢,٥ كم في الثانية (هذا هو المقدار الدقيق المحسوب اليوم) ولماذا هذا الرقم بالذات يحدد أعلى سرعة ممكنة في هذا العالم . علينا أن نقبل هذا الأمر كما هو . ينطبق نفس الشيء على النتائج المترتبة الزامياً على هذا الاكتشاف .

تشكل هذه النتائج المحتوى الخاص للنظرية النسبية . لا نود الدخول في تفصيلات هذه النظرية لأنها صعبة ولا يمكن شرحها إلا بمعادلات رياضية معقدة . إلا أنني أريد أن أوضح بمثال واحد السبب الذي يجعل من حقيقة كون سرعة الضوء هي أقصى سرعة ممكنة قضية ذات نتائج خطيرة وهامة : في حال عدم وجود أية امكانية في الكون لاجراء الاتصالات وللقيام بمشاهدات معينة أسرع من الضوء يصبح مثلاً مفهوم «التطابق الزمني» عديم المعنى .

إذا أردنا أن نعبر بدقة فإننا نستطيع القول ان علماء الفلك لا يشاهدون ولا يراقبون في قبة السماء سوى أشباح ، لأن الأجسام السماوية التي يشاهدونها بمناظيرهم ويصورونها بأجهزتهم لم تعد موجودة . إنهم يرون بسبب السرعة المتناهية للضوء النجم الذي يبعد عنهم عشر سنين ضوئية كما كان قبل عشر سنين . صحيح أن هذه الحالة غير ذات أهمية بالنسبة للمشاهدة الفلكية العلمية ، لكن من الناحية الدقيقة والصحيحة فإنها ذات أهمية أساسية ، لأننا لن نتمكن أبداً ولا بأية طريقة من الطرق ولا في أي وقت من الأوقات أن نرى هذا النجم أو غيره من النجوم كما هو فعلاً في اللحظة التي نراقبه فيها .

سنفترض الآن ان بركانين قد انفجرا في «نفس الوقت» أحدهما على الأرض والآخر على هذا الكوكب الذي يبعد عنها عشرة سنين ضوئية . ماذا تعني عندئذ كلمتا «نفس الوقت» ؟ لا نحن ولا مراقب مفترض على الكوكب البعيد يستطيع أن يعيش الانفجارين في نفس الوقت . إن صورة الانفجار تحتاج الى عشر سنين لقطع المسافة.وبما أن سرعة الضوء هي أقصى سرعة ممكنة فلا يوجد أي شيء يستطيع أن يخبرنا نحن أو يخبر المراقب الآخر بزمن أقصر عن حصول أو عن توقيت الانفجار لدى الشريك الآخر .

هذه الحالة وحدها تجعل من مفهوم «التطابق الزمني» ، عندما نفكر فيه بعمق ، قضية باهتة لا وجود لها . طبعاً يمكن لاحقاً بعد معرفة المسافات وبمساعدة الحسابات الرياضية ومنها قوانين النسبية معرفة ما إذا كان الانفجاران قد حصلا قبل عشر سنين في نفس الوقت . لكن أن نعيش الحالة أو نشاهدها مباشرة فهو أمر مستحيل إطلاقاً . هذه الامكانية يمكن أن تتوفر فقط لمراقب يتواجد صدفة على

كوكب ثالث ثابت يقف تماماً في الوسط بين الكوكبين اللذين حصل عليهما الانفجاران . هذا المراقب سيرى فعلاً الانفجارين يحصلان في نفس الوقت ـ وإن كان سيراهما بسبب موقعه المتوسط بعد خمس سنين من حصولهما .

قبل أن نتسرع في التعبير عن الرضى بهذا «التطابق الزمني» المشروط يتوجب علينا أن نعرف أنه لم تزل هناك مشكلة في غاية التعقيد . لنفترض أن مراقباً رابعاً يركب صاروخاً سريعاً يندفع نحو الأرض ماراً أمام المراقب الثالث الموجود على الكوكب الثابت المتمركز في الوسط وأنه قد وصل اليه تماماً في نفس اللحظة التي رأى فيها الانفجارين (وإن كانت رؤيته لهما متأخرة خمس سنوات) . هذا يعني أن المراقب الموجود في الصاروخ سيكون في هذه اللحظة أيضاً تماماً في الوسط بين الانفجارين . ماذا سيرى ؟

على الرغم من أن الرجل الراكب في الصاروخ يراقب في هذه اللحظة من نفس النقطة التي يراقب منها زميله على الكوكب الثابت فإنه لا يرى الانفجارين في نفس الوقت . بسبب السرعة الهائلة التي يتحرك بها متجهاً الى البركان الأرضي تصله الأشعة الضوئية القادمة من هناك بعد تلك القادمة من البركان الذي يبتعد عنه بنفس السرعة . الآن أصبح الإرباك كاملاً . أيهما «مصيب» إذن ؟ المراقب الواقف على الكوكب الثابت أم الرجل الراكب في الصاروخ ؟ الأول يدَّعي أن كلا البركانين قد حصلا في نفس الوقت . أما الطيار فيعارض هذا بحدة وهو مستعد للبرهنة على صحة ادعائه بعرض فلم مصور إذا لزم الأمر . أيهما إذن مصيب ؟ أيهما يعبر صحيحاً عن «الحالة الفعلية» ؟

كان جواب آينشتاين على هذا السؤال : «كلاهما» . إنه ليس ممكناً تفضيل احدى نقطتي المراقبة على الأخرى واعتبارها هي «الوحيدة الصحيحة» ليس هناك أي معيار يعطينا الامكانية لاتخاذ هذا القرار . الاستنتاج الوحيد الممكن في هذه الحالة هو الاقتناع بأن «التطابق الزمني» (نفس الوقت) غير موجود في الواقع ـ في كل الأحوال غير موجود عندما يتعلق الأمر بمسافات كبيرة جداً وبسرعات عالية جداً . إن مسألة التطابق الزمني لحدثين تتعلق بحركة وسرعة المراقب . بناء عليه فإن الزمان يتعلق إذن بـ «الحالة المكانية» (أي السرعة) للمراقب . يستخلص من ذلك أن جميع المقولات حول الزمان يجب أن تراعي الشروط المكانية . بكلمات اخرى : هناك علاقة («تناسب») بين الزمان والمكان . من هنا جاء اسم النظرية النسبية . هناك علاقة متبادلة بين المكان والزمان .

توصل آينشتاين بمتابعة هذه الأفكار الى الاكتشاف بأن الزمن في السرعات العالية القريبة من سرعة الضوء يمر ببطء[1] وبأن المادة في الواقع ليست سوى حالة معينة للطاقة . كما توصل بعد عشر سنين ، في

---

(١) لو أن مسافراً في مركبة فضائية قام برحلة بسرعة الضوء واستغرقت تلك الرحلة سنة ضوئية كاملة (ميقاتية مرافقة له في الرحلة أشارت الى انقضاء سنة كاملة) ثم عاد الى الأرض فإنه لن يجد عليها أحداً ممن كان يعرفهم .. جميع من يعرف ماتوا منذ زمن بعيد . ويعطى رقم في هذه الحالة لعدد السنوات المكافئة التي انقضت على الأرض خلال الرحلة المذكورة . وقد استخدمت هذه الفكرة في قصص الخيال العلمي وفي محاولة لتفسير ما يسمى بالصحون الطائرة .

عام ١٩١٥ ، الى الاقتناع بأن المكان ، شأنه شأن الزمان ، ليس «مطلقاً» . كما أن الزمان يتعلق بالمكان فإن خصائصه تتحدد (وتتغير) بواسطة ما يحتويه من مادة . وبما أن الكون ممتلىء بالمادة الموزعة فيه توزيعاً منتظماً فإنه يجب أن يكون تبعاً لكميتها وتوزعها «محدباً» (مكوراً) .

لا يمكن البرهان على ذلك إلا بواسطة معادلات رياضية معقدة . لهذا سنكتفي بالقول انه لم يعد يوجد اليوم في العالم فيزيائي أو رياضي جاد يشك في هذه الاستنتاجات للنظرية النسبية . على من يرى أنه مضطر الى الاعتراف بأنه لا يستطيع أن يتصور «مكاناً محدباً» أن لا يخشى أن هذا يشير الى نقص في الذكاء أو في المعرفة . حتى آينشتاين لم يكن في وضع أفضل . ما من انسان يستطيع أن يتصور تحدب المكان أو تحدب الفضاء لكن المعادلات الرياضية تبين أنه محدب .

تشبه المعادلات الرياضية المركبات الفضائية التي يطلقها العلماء ، الذين وصلوا الى الحدود القصوى لقدرتهم على التصور ، على أمل أن تعود اليهم حاملة بعض الأجوبة عن وقائع العالم الموجودة خلف هذه الحدود . عندما حاول آينشتاين أن يعرف شيئاً عن الطريقة أو الحالة غير القابلة للتصور والتي يمكن أن يكون فيها الكون المتناهي محدوداً حصل على الجواب بأن الفضاء الكوني محدب وهو لذلك لا يحتاج الى حدود .

مهما بدت هذه المقولة غامضة فهي مرضية بصورة فائقة . لماذا ؟ لأننا نستطيع اجراء مقارنة بسيطة نعرفها بادراكاتنا الحسية تشبه هذه الحالة . هذا التشابه نراه في حالة «سطح الكرة» . يمكن النظر الى سطح الكرة على انه مستو ذو بعدين مستويين أما بعده الثالث فهو محدب بحيث يتحرك منغلقاً على ذاته . كنتيجة لهذا التحدب يصبح سطح الكرة متناهياً على الرغم من أنه لا محدود (لا حدود له) . مهما بدا هذا الربط بين خصائص الكرة وخصائص الكون للوهلة الاولى متناقضاً فإن كل شخص يستطيع بمجرد النظر الى كرة عادية أن يقتنع أن ما قلناه صحيح .

تماماً بنفس الطريقة ، هكذا تدعي معادلات آينشتاين ، يتحدب الكون الثلاثي الأبعاد في بعده التالي الأعلى (في هذه الحالة الرابع) بحيث ينغلق على ذاته دون أن تكون له حدود . إن هذه المقولة مرضية لأنها تحررنا أخيراً من الدوامة الذهنية التي سبق وأشرنا اليها مراراً . حتى وإن كنا لا نستطيع تصور ذلك فإننا نعرف الآن على الأقل ان الكون غير محدود ومتناه في الكبر في آن واحد . قد يدفع غموض حل هذه المشكلة الكثيرين الى الشعور بخيبة الأمل . يجب أن لا تثير فينا هذه الحالة بعد كل ما عالجناه حتى الآن

= إن ساعة أو ميقاتية أرضية مهما كان نوعها إذا تحركت بسرعة الضوء تتعطل تماماً آلية عملها الداخلية ولن تعمل كميقاتية طالما السرعة هي سرعة الضوء لأنها هي نفسها تكون قد تحولت الى ضوء . أما إذا كانت سرعة الرحلة قريبة جداً من سرعة الضوء فإن الميقاتية ستتحرك ببطء كبير وكلما نقصت سرعة المركبة كلما زادت حركة الميقاتية الداخلية وهي تعود لعملها الطبيعي في شروط السرعات الأرضية .

إن زيادة معدل استهلاك الطاقة يؤدي لضغط الزمن (تقلصه) . وتخفيض معدل استهلاك الطاقة يؤدي لمط الزمن (استطالته) . إن قطار يقوم برحلة حول الأرض بسرعة ١٠٠ كم /سا سيستغرق ٤٠٠ ساعة . راجع في هذا الصدد كتاب : تطور الأفكار في الفيزياء ترجمة الدكتور أدهم السمان . ملاحظة من المراجع .

كثيراً من الدهشة . إننا نتحرك في مسألة حدود الكون على الأطراف القصوى لقدرة أدمغتنا ، الناشئة في شروط أرضية ، على الاستيعاب .

لذلك يجب أن نكون حذرين في استخلاص أمور أخرى أكثر من المقارنة التي حاولنا بواسطتها توضيح المعلومات التي تقدمها لنا «مركبات الفضاء الرياضية» . يمكن النظر الى هذه المقارنة على انها برهان على حقيقة وجود بعد رابع . إذا كان الكون الثلاثي الأبعاد يجب أن يتحدب في «بعده التالي الأعلى» فإن هذا «البعد التالي الأعلى» يجب أن يكون موجوداً حقاً . رغم ذلك فإن الحذر مطلوب هنا . لقد قمنا بالمقارنة مع سطح الكرة بترجمة المعلومات الغامضة التي تقدمها لنا المعادلات الرياضية وما من أحد يعرف عما إذا كنا قد شوّهنا أو زوّرنا الرسالة الأصلية عبر هذه الترجمة . لذلك قد يكون خاطئاً ان نستخلص من الخبر المترجم ـ أي من النموذج الذهني لسطح الكرة ـ معلومات اخرى . لقد اصطدمنا هنا نهائياً بحدود لا تستطيع أدمغتنا تجاوزها كما أن «المركبات» الرياضية لا تستطيع أن تجلب لنا معلومات اضافية عما يوجد خلف هذه الحدود .

عليَّ أن أعترف أنني أكمش نفسي أحياناً متلبساً بالتفكير انه قد يكون هناك مراقب ينظر الينا من البعد الرابع ويرى كيف نجهد أنفسنا عبثاً لتصور «الكون المحدب» وكيف أننا نصطدم مرة تلو المرة لا بحدود الكون وإنما بحدود أدمغتنا ذاتها . قد يغمره عندئذ أيضاً شعور بالاحباط عندما يدرك كم هي قريبة النقطة التي وقفنا عندها في تطورنا العقلي من امكانية تصور البعد الرابع وكم هو يائس احتمال تجاوزنا لهذه النقطة .

بعد مرور ما يزيد عن ٣٠٠ سنة على اعدام جيوردانوبرونو (حيث كُرِّم الموقع الذي أعدم فيه منذ عام ١٨٨٩ بنصب تذكاري) وجد العلم جواباً على السؤال حول هيئة الكون ككل . انه منغلق في ذاته ولذلك غير محدود لكنه متناه .

إن مركبة فضائية خيالية تتحرك بسرعة الضوء وتسير زمناً طويلاً كافياً وبدقة تامة دائماً نحو الأمام سوف تعود حتماً بسبب هذه البنية للكون بعد زمن طويل جداً (على الأرجح بعد ٢٥ الى ٣٠ مليار سنة) الى نفس النقطة التي انطلقت منها . مهما كان توجيه القبطان للسفينة مستقيماً ودقيقاً فإن النتيجة لن تتغير لنفس السبب الذي يجعلنا على سطح الكرة ، على سطح الكرة الأرضية مثلاً ، نعود الى نفس النقطة التي انطلقنا منها مهما حاولنا جعل حركتنا نحو الأمام دقيقة ومستقيمة .

أينما توجه ركاب هذه السفينة الفضائية الخيالية فإنهم لن يشعروا في أي وقت من الأوقات بتحديد لحريتهم في الحركة . سوف يرون من كل نقطة على طريق رحلتهم نفس المنظر : عدداً لا محدوداً من النجوم والمجرات المتوزعة بانتظام في جميع اتجاهات الفضاء مهما امتد بهم البصر . أن يتحركوا في رحلتهم بسبب الخصائص المتميزة للفضاء الذي يعبرونه دائماً فقط على مسارات تتحدب في البعد الرابع وتنغلق بالتالي على ذاتها فإنهم لن يلاحظوا أي شيء من هذا القبيل . إن أدمغتهم ليست قادرة على ادراك مثل هذا «التحدب المكاني» .

بذلك تبدو جميع المشاكل قد حلت حلاً مرضياً وجميع التناقضات قد أزيلت . يعتبر جواب آينشتاين

على السؤال المغرق في القدم واحداً من أهم انجازات العقل البشري . إن ما يثير فيه مقداراً أكبر من الدهشة هو أنه يقع تقريباً خارج مدى عقولنا . غير أنه كانت هناك مسألة جزئية صغيرة قادت آينشتاين الى الخطأ . عندما كان منهمكاً في صياغة وشرح معادلاته الجديدة التي تصف الكون المحدّب كان يتوصل في كل مرة عند التمحيص الدقيق الى ان الكون لا يمكن أن يكون مستقراً . كيفما أجرى حساباته كانت النتيجة دائماً هي ذاتها . بناء على هذه المعادلات لم يكن ممكناً لهذا الكون المحدب الموصوف بهذه الطريقة أن يستمر . كانت هذه الرموز الرياضية التي تعبر عن مواصفات الكون تقول انه يجب على هذا الكون المتناهي والمحدب إما أن يتجمع الى بعضه البعض وينهار دفعة واحدة أو أن يتباعد عن بعضه منتشراً في جميع الاتجاهات .

إنه لأمر يثير الذهول ان هذه المقولة كان يمكن استخلاصها من معادلات آينشتاين حتى قبل وجود أدنى مؤشر الى كونها ممكنة . عندما نعرف كمالة القصة تصبح هذه المقولة التاريخية مثالاً صارخاً تنحبس له الأنفاس على الفعالية المرعبة التي تستطيع بها «مركبات الفضاء الرياضية» اكتشاف حقول بقيت مغلقة أمام قدرتنا على التصور .

حتى آينشتاين نفسه لم يصدق معادلاته آنذاك في هذه الناحية . لقد بدت له هذه النتيجة لا معقولة . لذلك قرر إضافة عدد بصورة مصطنعة الى معادلاته اختاره بعناية بحيث يلغي النتيجة التي كانت تضايقه . أطلق على هذا العدد الذي أدخله بين الحلقات الأخرى الكثيرة لمعادلاته المعقدة تسمية العدد «الكوني» أو الحلقة «الكونية» . بدا هذا التدخل المتعمد في النتائج الرياضية البحتة بالنسبة للمختصين من زملاء آينشتاين أيضاً على انه مبرر ومسموح ، لأن ما من أحد كان يشك آنذاك باستقرار واستمرار الكون . لذلك كان يجب أن تكون هناك قوة طبيعية ما تتطابق مع «الحلقة الكونية» التي أضافها آينشتاين تعمل على جعل العالم مستمراً رغم تحدّبه . ولا بد ان العلماء سيتمكنون في وقت ما من اكتشاف هذه القوة .

إننا نستطيع القول بعد كل هذا الشرح ان آينشتاين قد أضاف لاحقاً هذه «الحلقة الكونية» على معادلاته لأنه ـ وهنا سنلاقي بعض الحرج في القول ـ لم يستطع أن «يتصور» أن العالم غير أبدي . إننا نجد أنفسنا مضطرين الى القول ان العقوبة على هذا «العدم ،التزام» قد جاءت بعده على الدعسة .

بعد الحرب العالمية الاولى بقليل تم تدشين منظار تلسكوبي على قمة مونت ويلسون في كاليفورنيا استمر بناؤه عشر سنوات . كان قطر المرايا في هذا الجهاز مترين ونصف المتر وظل لمدة ٣٠ عاماً أكبر منظار على الأرض . بواسطة هذا المنظار تمكن مدير المرصد ايدفن هوبل من «تفكيك» ضباب اندروميدا الى نجوم منفردة . بهذا قُدِّم أول برهان على أن ما يسمى الضباب الحلزوني الذي لا يرى بالعين المجردة ، والذي وجد الفلكيون كميات لا يمكن حصرها منه على الصور التي التقطوها ، ما هو إلا مجرات موجودة خارج المجرة التي ننتسب اليها (درب التبان) .

لم يكن عجباً ان اهتمام الفلكيين ، الذين وضع هذا المنظار العملاق تحت تصرفهم ، قد تركز في السنين اللاحقة على هذه الأجرام السماوية البعيدة . كان هوبل ثانية هو الذي توصل الى الاكتشاف التالي

المثير والشهير : «إن الكون يتمدد» .

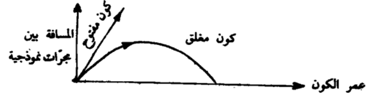
كانت منذ عام ١٩١٢ تتجمع المشاهدات التي تشير الى أن خطوط الطيف في الضباب الحلزوني تنحرف بصورة عامة نحو الموجة الطويلة أي الى القسم الأحمر من الحقل الطيفي . قام هوبل ومساعدوه بدراسة هذا «الانحراف الأحمر» دراسة منهجية تحليلية . تبين من هذه الدراسات ان الانحراف نحو الأحمر موجود عملياً بالنسبة لجميع الضبابات الحلزونية . لكن أهم اكتشاف توصل اليه هوبل هو البرهان على أن انحراف خطوط الطيف نحو الأحمر يزداد كلما كان الضباب المدروس أكثر بعداً . استخلص هوبل من نتائج دراساته التي استمرت سنين عديدة أخيراً في عام ١٩٢٩ الاستنتاج الوحيد الممكن الذي لم يزل مقبولاً حتى الآن وهو : ان الانحراف نحو الأحمر يجب أن يكون ، بناء على ما يسمى المبدأ المزدوج ، تعبيراً عن حركة هروب تقوم بها جميع الضبابات . بناء على ذلك فإن جميع الضبابات الحلزونية تبتعد بسرعة هائلة عن بعضها البعض في جميع الاتجاهات وتكون سرعتها بالنسبة لبعضها البعض أكبر كلما كانت أبعد .

تكون سرعات الهروب هذه في الحالات القصوى عالية الى درجة لا تصدق . إن الأجسام ذات البعد الأقصى لم تعد منذ عدة سنوات تعتبر ضباباً حلزونياً وإنما أجساماً غامضة تسمى «كازار» . إن كلمة كازار هي اسم خيالي مشتق من اختصار انكليزي يعبر عن أجسام تشع موجات راديو ولها مظهر يشبه مظهر النجوم . إنها بالتأكيد ليست نجوماً لكن ما من أحد يعرف حتى اليوم أي نوع هي من أنواع الأجرام الفضائية . بعض فيزيائيي الفضاء يتكهنون انها موجودة «على أطراف الكون» وهي عبارة عن مجرات في مرحلة مبكرة جداً من مراحل التطور . إن الشيء الوحيد الذي يهمنا هنا هو ان الكازارات تطلق أشعة راديو شديدة القوة لدرجة تبرهن انها أبعد بكثير من أبعد الضبابات الحلزونية .

إن أبعد الضبابات الحلزونية يوجد على مسافة قدرها واحد الى اثني مليار سنة ضوئية . أما سرعتها في الهروب[٢] فتبلغ حوالي ٥٠٠٠٠ الى ٦٠٠٠٠ كم في الثانية . مهما بدت لنا هذه السرعة خيالية فإن

---

(٢) إن نظرية الانفجار الكبير (بيغ بانغ) تشير وحسبما أثبت هبل أن الكون يتمدد وأن المجرات تبتعد عن بعضها البعض بسبب الانفجار الحاصل قبل حوالي ١٥ مليار سنة ، وكما في حالة الجسم المقذوف فإنه يتعرض لقوة تجاذب بين كتلته والكتل الأخرى المحيطة أو المجاورة له ولقوة الدفع الناتج عن الانفجار . هناك علاقة بين القوتين أو بين الكتلة المقذوفة وسرعتها فإذا كانت الكثافة أكبر من حد معين (الكثافة الحرجة) فإن المجرات المتباعدة ستصل سرعتها في زمن آت الى سرعة الصفر ثم بعد ذلك تبدأ رحلة العودة أي التجاذب بين المجرات أما إذا كانت الكثافة أقل فإن الكون سيتابع تمدده وسرعة الهروب المذكورة هنا بالتالي ليست سرعة الهروب التي تحدد السرعة التي يجب أن يمتلكها جسم ليستطيع مغادرة كوكب موجود عليه . راجع كتاب : الدقائق الثلاث الاولى من عمر الكون تأليف ستيفن وينبرغ . ترجمة محمد وائل الأتاسي . ـ ملاحظة من المراجع .



سرعة الكازارات تتجاوزها بمقدار كبير . يضرب الرقم القياسي كازار يبعد عنا حوالي ثمانية مليارات سنة ضوئية . تبلغ سرعته ٨٠ بالمائة من سرعة الضوء : ٢٤٠٠٠٠ كم في الثانية .

إذا ما نظرنا الى صورة الكون على ضوء اكتشافات هوبل فإننا نرى منظر انفجار هائل يتجاوز جميع حدود القدرة على التصور . عندما سمع آينشتاين باكتشاف هوبل سحب بصمت «الحلقة الكونية» من معادلاته . لم تعد هناك حاجة لعامل تصحيح . لقد قالت المعادلات الحقيقية : إن الكون ليس متناهياً وحسب بل هو غير مستقر أيضاً . إنه لا يشغل حيزاً متناهياً وحسب بل إنه ليس أبدياً أيضاً .

ليست هناك حاجة الى التعليل بأن الكون المتفجر أو ، كما يجب العلماء أن يعبروا بطريقتهم الباردة ، «المتمدد» هو عكس الكون المستقر . إنه يغير مواصفاته في كل لحظة تمر وحتى لو اقتصر هذا التغيير على أن المادة التي يحتويها تصبح باستمرار أرق كنتيجة لاتساعه المتزايد . ليست هناك أيضاً حاجة الى التعليل بأن الحركة الانفجارية للكون لن تستمر حتى الأزل . بكلمات اخرى : لقد توصل العلماء هنا الى حقائق تؤيد الفكرة القائلة بأنه يجب أن يكون للكون بداية .

بدت هذه الامكانية لكثير من العلماء على أنها انقلابية و«لا علمية» أو ، لكي نذكر التعبير المحبب للكثيرين منهم ، «أحادية» لدرجة انهم وضعوا عدداً كبيراً من النظريات لتجنب هذا الاستنتاج المثير الذي يذكر بالأساطير القديمة والمقولات الدينية . لم نعد بحاجة الى التطرق الى هذه النظريات أو «النماذج الكونية» المعقدة لأن اكتشاف بينزياس وويلسون المذكور في مطلع هذا الكتاب قد حسم المسألة بصورة نهائية . لقد كان للعالم فعلاً بداية .

الآن نستطيع أن نفهم لماذا أثار الاشعاع المكتشف ذو المواصفات الغريبة في ربيع عام ١٩٦٥ في مختبر شركة بيل تلفون لدى العلماء كل هذا المقدار من الانفعال . لا نحتاج الى أن نفكر بامكانية الحساب العكسي لحركة الهروب المقاسة حتى الآن للضبابات الحلزونية المنفردة . لقد حصل هذا حتى الآن في مئات الحالات . لم نزل نتذكر : ان أقرب الضبابات هي الأبطأ وكلما كانت مسافتها أبعد كانت سرعتها أكبر أيضاً .

قد تكون كذلك ببساطة لأن أسرع الضبابات كان الأسرع منذ البداية ولذلك وصل الى أبعد مسافة ؟ عندما خطرت الفكرة على البال لأول مرة وبدأ العلماء بالحساب استناداً الى مسافات وسرعات الضبابات المختلفة تبين فوراً أن صورة الانفجار يجب أن تفهم فعلاً بحرفيتها . قبل حوالي ١٣ مليار سنة يجب أن تكون كل هذه الضبابات وكل ما يحتويه الكون من مادة (بما في ذلك الحيز الكوني ذاته) مجمعاً في نقطة واحدة . لقد بدأ الكون بالوجود قبل حوالي ١٣ مليار سنة بانفجار هائل منطلق من هذه النقطة لم نزل نعيش استمراريته حتى اليوم بالشكل الذي وصفناه عن التمدد الكوني .

كان كل هذا حتى عام ١٩٦٥ لم يزل نظرية . كانت جميع التفاصيل تتناسب مع بعضها البعض وتشكل مجتمعة صورة محكمة موحدة . أصبح من الممكن لاحقاً اعتماد التنبؤ الناتج عن معادلات آينشتاين القائل بأن الكون إما أن يتحطم مجتمعاً أو يتمدد ، كدعامة متينة لصحة النظرية حول «الانفجار الكوني

الأول» (أو «بيغ بانغ» كما سمّى العلماء متكلمو الانكليزية هذا الحدث الدرامي الكبير) . رغم ذلك تابع العلماء بجلد البحث عن برهان مباشر .

يستطيع المرء أن يتخيل الكثير . لكن ما هو مترابط ومتسلسل ليس هو بالضرورة الموجود والصحيح . إننا نذكر هذا على هامش الحديث لأن كثيراً من الناس الذين ينشغلون بدافع الهواية بالتأملات الفلسفية الطبيعية لا ينتبهون الى هذه النقطة . انهم لا يفهمون غالباً لماذا لا تجد نظرياتهم وعماراتهم الفكرية صدى لدى «المحترفين» من العلماء .

إن تفسير هذا هو بمنتهى البساطة . انه لا يعود ، كما تظن الأغلبية ، الى أن العلماء متكبرون شامخو الأنوف بحيث أنهم لا يعترفون بعمل قام به لا منتمي ، بل يعود حصراً الى أن كل عالم يعرف من تجربته الذاتية المريرة كم هو عديم الجدوى وضع النظريات وإشادة العمارات الفكرية المترابطة منطقياً مع بعضها البعض والخالية من التناقض .

في بعض الحالات يكون محزناً أن نعرف كم يصرف الناس من الوقت والجهود لوضع «نظريات» عن أسرار الحياة ونشوء المادة أو ما شابه ذلك من المسائل . من البديهي ان النظرية يجب أن تكون خالية من التناقض ومقنعة . لكن لكي تعطى حتى ولو أدنى قدر من القيمة يجب أن تكون هناك ولو واقعة واحدة أو حدثاً واحداً مؤكداً ملموساً من العالم المحيط بنا تستطيع الارتكاز عليه أو أن نستطيع اشتقاق مقولة منها يمكن إثباتها تجريبياً .

لهذا السبب كان العلماء رغم الانحراف الأحمر ورغم معادلات آينشتاين غير راضين . صحيح أن جميع المؤشرات كانت تؤيد ان عالمنا قد نشأ بانفجار هائل من العدم لكن من كان يستطيع أن يجزم بصورة مطلقة أن الانحراف الأحمر للضبابات الحلزونية يستند على المبدأ المزدوج وليس على سبب آخر لم يتوضح بعد ؟ لربما كان آينشتاين مصيباً عندما أضاف «الحلقة الكونية» الى معادلاته ؟ إن ما نحتاجه هو البرهان !

إذا أراد أحد أن يجد شيئاً ما عليه أن يعرف أولاً وقبل كل شيء أين سيبحث . كيف يمكن أن تكون صورة البرهان على حقيقة «البيغ بانغ» الذي حصل قبل ١٣ مليار سنة ؟ أحد الفيزيائيين الذين شغلوا رؤوسهم طويلاً بهذه المسألة هو روبرت ديك من برينستون . حاول ديك أن يحسب الشروط التي كانت يجب أن تكون سائدة في الثواني الاولى لوجود الكون ثم حاول بعدئذ اشتقاق أية ظواهر ناتجة عن ذلك يمكن التحقق منها اليوم .

توصل ديك من حساباته الى الاستنتاج بأنه يجب أن يكون قد بقي من البرق المرافق للانفجار الأول حتى اليوم اشعاع مقداره ٣ درجات كيلفن . وهذا يعادل فقط ٣ درجات فوق نقطة الصفر المطلق المساوية ناقص ٢٧٣,١٥ درجة سيلزيوس . «٣ درجات فوق العدم» . بغض النظر عن درجة الحرارة يجب أن تكون الأشعة بسبب خصوصية نشوئها إزوتروب أي انها ، بكلمات اخرى ، يجب أن تكون موزعة ومنتشرة في جميع أنحاء الكون الحالي بصورة متساوية تماماً وأن تبدو للمراقب على أنها تأتي من جميع الاتجاهات في نفس الوقت .

نستطيع من هذه النقطة أن نفهم كيف توصل ديك الى هذه المقولة الثانية . علينا أولاً أن لا نقع في الخطأ ونظن أنه يوجد اليوم في مكان ما في الكون نقطة انطلق منها وتضخم حتى وصل الى حجمه الحالي . مهما كان ومهما بقي هذا بالنسبة لنا نحن البشر غير قابل للتصور علينا ان لا ننسى أن الكون نفسه لم يكن آنذاك سوى نقطة تمددت وتوسعت . لذلك ، استخلص ديك ، يجب أن تكون الأشعة المتبقية من الانفجار الأول منتشرة ومتوزعة اليوم في كامل الكون بصورة متساوية .

يجب أن يعني هذا في الحالة الملموسة أن الأجهزة ستشير الى أن قوة الأشعة متساوية من جميع الاتجاهات . يجب أن يكون الأمر كذلك أيضاً في كل نقطة من نقاط الكون : لهذا السبب أضاف ديك قائلاً : لا يمكن أن يوجد بالنسبة لهذه الأشعة البدئية في كامل الكون أية نقطة لها ميزة على النقاط الأخرى . من الناحية النظرية كان هذا الاستنتاج صحيحاً تماماً لكن نغمته لم تكن أكاديمية لأنه ، كما بدا آنذاك ، أمر لا يمكن البرهنة عليه أبداً .

يتعلق الأمر الذي يجب البحث عنه اذن باشعة شدتها ٣ درجات كيلفن وموزعة ازوتروبياً بالشكل الذي وصفناه . كانت الصعوبات الفنية ضخمة . لذلك بديء في برينستون فوراً ببناء هوائيات خاصة . بينما كان العمل على قدم وساق سمع ديك بالصدفة بالتشويش الغريب الذي شوش اذهان فريق بيل تلفون . بقية القصة تعرفها . لقد اكتشف بينزياس وويلسون بدون قصد وبدون معرفة الأشعة التي كان ديك يبحث عنها .

إن هذه الصدفة مهما بدت كبيرة ليست كذلك لأنها لا تكمن في أن فريق بيل تلفون قد التقط الاشعة المتبقية من الانفجار الكوني الأول وانما في ان ديك سمع بذلك واستطاع اخبار الاثنين عن السر . علاوة على ذلك فإن البرهان على وجود هذه الاشعة ليس عسيراً . اصبحنا نعرف اليوم انها هي التي تسبب جزءاً من «التشويش» أو «التناثر الثلجي» الذي نراه على شاشات اجهزتنا التلفزيونية عندما تبقى مفتوحة بعد انتهاء البرنامج اي عندما تعمل على «الفارغ» . بهذه الصيغة لم يزل اذن صدى نشوء العالم حتى اليوم يدخل إلى منازلنا .

علاوة على ذلك تمكن فيزيائيو الفضاء في السنين الماضية من البرهنة فعلياً على التوزع الإزوتروبي المتساوي لهذه الاشعة بقياسها في أماكن مختلفة من الكون مؤكدين بذلك مقولة ديك الأخيرة التي كانت تبدو اكاديمية ونظرية . لقد نجحوا في كشف جزيئات الزيان في ضبابات غازية تبعد مئات السنين الضوئية ومن دراسة حالتها الفيزيائية بتحليلها طيفياً بمساعدة الاشعة الضوئية التي تتقاطع معها قادمة من نجوم تقع خلفها . لقد أجريت هذه التجربة مع ما لا يقل عن ثمانية ضبابات غازية كونية مختلفة ومتباعدة . وجد الباحثون في جميع الحالات بلا استثناء ان الجزيئات المحللة هي في حالة من التهيج تتطابق تماماً مع تأثير الاشعة ذات الدرجة من الحرارة البالغة بالضبط ٣ درجات كيلفن .

لذلك اصبحنا نعرف منذ عام ١٩٦٥ ان لعالمنا بداية وان عمره يبلغ على الأرجح حوالى ١٣ مليار سنة . بناء على كل ما نعرفه اليوم نشأ الكون آنذاك بانفجار كان هائلاً إلى درجة ان العلماء لم يزالوا حتى اليوم يستطيعون «سماع» صداه . ما هي اسباب هذا الانفجار وماذا كان قبله ؟

يعتقد بعض العلماء ان التوسع الحالي للكون آخذ في «الانكباح» . هناك كثير من المؤشرات التي تؤيد امكانية تباطوء التمدد كنتيجة للتجاذب المتبادل بين جميع الكتل التي يحتويها الكون . مهما كانت هذه الجاذبية في هذه المسافات الهائلة صغيرة فلا بد أن تأثيرها سيصبح فعالاً على مدى الازمان الطويلة .

يحاول العلماء اليوم بواسطة تلسكوبات الراديو الكبيرة النظر إلى الماضي ليتبينوا عما اذا كانت سرعة هروب الضبابات في المليارات الأولى من سني تشكل الكون ربما اكبر مما هي عليه اليوم . اثبات ذلك سيعني البرهنة على «انكباح» التمدد . ان بحث هذه المسألة أسهل وأقل غموضاً مما يعتقد للوهلة الأولى . هناك نرى الضبابات والكازارات بالمواصفات التي كانت عليها قبل مليارين اوست مليارات أو اكثر من السنين ، آنذاك عندما انطلق منها الضوء الذي نستقبله نحن الآن . يهتم بهذا النوع من البحوث بصورة خاصة الباحث مارتين رايل ومعاونوه في بريطانيا . لم يزل ما وجدوه غير مؤكد وترتبط نتائجهم جداً بامكانية التحديد الدقيق لبعد الضبابات الأمر الذي لم يزل اليوم صعباً جداً على الأخص فيما يتعلق بالاجسام ذات البعد الاقصى .

عندما ينكبح التمدد سيأتي يوم خلال مليارات السنين تصل فيه حركة الهروب إلى التوقف ثم تنقلب بعدئذ في الاتجاه المعاكس . منذئذ ستبدأ تحت تأثير الجاذبية وحدها جميع كتل الكون بكامله بالتحرك نحو بعضها البعض بسرعة متزايدة . بذلك تتبع التمدد حالة من الانكماش الكوني . في هذه المرحلة سوف لن يشاهد الفلكيون عند تحليلهم للحقل الطيفي للمجرات البعيدة جداً انحرافاً احمر وانما سيشاهدون انحرافاً باتجاه الموجات الأقصر اي «انحرافاً ازرق» في الحقل الطيفي .

خلال عملية الانكماش سوف تتزايد باستمرار سرعة الكتل المندفعة باتجاه بعضها البعض . وأخيراً سترتطم كل هذه المجرات التي لا حصر لعددها والتي تتألف كل واحدة منها من مائة مليار او اكثر من الشموس التي تحتوي كل واحدة منها على ملايين وملايين الكائنات الحية بأشكال حياتية لا حصر لعددها ، سترتطم جميعها مع بعضها البعض وتنصهر مجتمعة في أتون اصطدام هائل . عندئذ سيتحطم الكون بكامله بانفجار هائل لا مثيل له .

لكن هذا الانفجار سيكون ثانية بعد عدة مليارات من السنين بداية جديدة ، عندما تتجمع المادة الكونية المتناثرة بسبب قوة الانفجار وتشكل نجوماً جديدة في سماء جديدة تنشأ عليها الحياة ثانية وتقام الحضارات التي يكتشف فلكيوها الكون من جديد ويفسرونه بطريقة مختلفة تماماً : ليس كانهيار لعالم سبقه وانما كبداية لكونهم ذاتهم .

قد يكون الأمر فعلاً كذلك ؟ هل كان يوجد قبل «البيغ بانغ» كون آخر ؟ هل شيدنا كوننا على أنقاض ذاك الكون ؟ وهل ستشكل انقاض عالمنا في المستقبل البعيد مادة أولية لكون جديد لم يوجد بعد ؟

يعتبر العلماء هذا «النموذج النبضي للكون» مقبولاً . ويقدرون مدة النبضة الواحدة بحوالي ٨٠ مليار عاماً . هذا الزمن سيكون اذن الفترة الفاصلة بين انفجارين كونيين متتاليين اي انه يشكل عمر كون واحد وحيد . ليس هناك من سبب يمنعنا عن الاعتقاد لماذا يجب ان لا تستمر الأمور هكذا دائماً ، لماذا لا يمدُّ كون يده بهذه الطريقة إلى كون آخر في سلسلة لا متناهية تمتد حتى نهاية الزمن . قد يكون الأمر

كذلك .

بذلك يكون سؤالنا عن البداية قد أجل ولم يلق جواباً . اذا كان قد وجد قبل عالمنا عالم آخر يفصلنا عنه حاجز لا يمكن تجاوزه هو الانفجار الكوني وقبل هذا العالم وجد عالم آخر وهكذا ، عندئذ يبدو أن سلسلة الاسباب باتجاه البداية تضيع في اللانهاية . ربما تكون البداية ، من هذا المنظار ، لم توجد ابداً . صحيح أننا بعد كل ما عالجناه في هذا الفصل قد اصبحنا حذرين ومتشككين من مفهوم «اللانهاية» ، لكن ما من أحد يستطيع ان يقول لنا كيف تسير الأمور عندما نحاول العودة بسلسلة الاسباب حتى البداية الأولى للكون الأول . هنا تضيع اسئلتنا نهائياً في المجهول .

غير ان لمسألة البداية بالنسبة لكل منا معنى آخر مختلفاً تماماً . اننا لا نريد ان نعرف متى وكيف نشأ العالم وحسب بل نريد ان نعرف ايضاً لماذا نشأ . «لماذا يوجد على الاطلاق شيء ما ؟» أو بتعبير آخر : «لماذا لا يوجد لا شيء» ؟

اذا ما وجهنا مثل هذ السؤال إلى أحد علماء الطبيعة سيعطي الرد المقتضب : انه لا جواب له . اذا ما تابعنا الالحاح قد يصبح الرجل فظاً . بعدئذ سيتعلق الجواب بمدى انفعاله : سيرفض سؤالنا على انه «هراء» او سيسخر منا او سيمنع متابعة طرح مثل هذه الاسئلة الأمية . يتعلق هذا الموقف بمرض مهني يعاني منه معظم علماء جيلنا يعود في أسبابه إلى قرون طويلة من الصراع المرير مع اللاهوتيين والفلاسفة .

عندما يتحدث المرء مع علماء الطبيعة حول مثل هذه المسائل عليه أن يضع في حسبانه تاريخ التطور الذي خلفته وراءها علوم الطبيعة . لم يكن جيوردانو برونو وغاليلي الوحيدين وانما أشهر العلماء الذين وضعتهم بحوثهم أمام خطر الموت . الأخطر من ذلك لم يزل حتى اليوم ، لا بالنسبة للعلماء شخصياً وانما بالنسبة لتطور علمهم ، وهو الميل القائم لدى الكثيرين من الناس نحو الاستسلام واللجوء إلى حلول ظاهرية سهلة ميتافيزيقية أو «فوق طبيعية» فور اصطدامهم عند مناقشة مسائل علوم الطبيعة بأية مصاعب ذهنية كبيرة .

بقي الكيميائيون قروناً طويلة مقتنعين ، دون ان يختبروا ولو تأملياً صحة هذه القناعة ، ان المركبات العضوية (على عكس الأملاح والحموض والمعادن الخ . . .) تحتاج في نشوئها إلى «قوة حياتية» غامضة لا يمكن تحديدها علمياً لها فاعلية فقط في العضوية الحية ، حتى جاء فريدريش ڤوهلر في عام ١٨٢٨ وحضر في مخبره مادة البولة كأول مركب عضوي صنعي .

يوجد اعداد كبيرة من الامثلة . سواء فكرنا بالفراشة الهندية التي تحدثنا عنها في مقدمة هذا الكتاب أو عالجنا مسألة نشوء الحياة على الأرض وكيفما قمنا بذلك ـ في كل هذه المسائل وما شابهها نتعرض دائماً إلى غواية التخلي عن متابعة التفكير المضني وعن ضرورة متابعة البحث الشاق بصبر وجلد والهروب بطريقة في غاية السهولة إلى القول بأنه «لايوجد تفسير علمي» لمثل هذه المسائل راضين بـ«تفسير» فوق طبيعي .

بما أن علماء الطبيعة هم بشر أيضاً فإنهم لم يكونوا أبداً في أي وقت من الأوقات في مأمن من هذا الانزلاق . هم أيضاً معرضون دائماً الى هذا الخطر . لكنهم يلاحظون بعدئذ مع مرور الزمن أنهم يحققون اكتشافاتهم العظيمة في العادة عندما لا يقدمون تنازلات ، عندما لا يستسلمون مبكراً ، عندما ، على

العكس تماماً ، يتابعون البحث عن السبب بجلد وصمود في وقت تبدو «الأعجوبة» على أنها الجواب الوحيد . فقط هكذا نستطيع فهم اصرارهم عبر الأجيال المتعاقبة على ممارسة الانضباط الذي يتربون خلاله على النظر بارتياب الى «العجائب» وعلى رفض كل تفسير «فوق طبيعي» . لقد خلّفوا وراءهم كثيراً من التجارب القاسية والمريرة . لذلك يعتبر من جوهر الطريقة العلمية الموقف المحق تماماً والقائل : «تصرف هكذا وكأنه لا يوجد سوى المعايير الموضوعية وحاول أن تجد الى أي مدى تستطيع الوصول بذلك» . منذ بدأ العلماء التمسك بهذا الموقف الذي يبدو من الناحية المبدأية بسيطاً (لكنه غريباً عن الطبيعة الانسانية في البيت) تمكنوا من التقدم خطوات مدهشة أبعد بكثير مما كانوا هم أنفسهم يتجرأون على الأمل بتحقيقه .

لكن هذا الموقف أدى ببعض العلماء إلى «الهوس الوظيفي» الى مرض الاحتراف حيث ان رد فعلهم يكون رافضاً وساخراً عندما تواجههم مسائل تتعلق بمشاكل خارج مجال الأشياء القابلة للقياس لأنهم يوهمون أنفسهم أن هذه المجالات غير موجودة في الواقع على الاطلاق .

إنه صحيح صحة مطلقة ان الأفكار الميتافيزيقية ليس لها ما تبحث عنه في بحوث العلوم الطبيعية . ويعتبر كل عالم طبيعة يخالف هذه القاعدة على أنه مجرد دجال . لكن العلوم الطبيعية لم تمتطِ بعد كل مجالات الواقع . على كل حال كان آينشتاين نفسه هو الذين تبنى هذا الرأي وأدخله كقاعدة من قواعد البحث .

لذلك تبقى لكل شخص الحرية التامة ان يكون لنفسه الأفكار التي يراها مناسبة حول السؤال : لماذا العالم موجود ولماذا لا يوجد لا شيء ؟ . العلوم الطبيعية لا تستطيع إعطاء جواب على هذا السؤال . وعندما يقوم شخص ما باستخلاص سبب لوجود العالم الذي هو حقيقة مؤكدة لا جدال فيها فإن افتراضه هذا لن يناقض معارفنا العلمية في أية نقطة من النقاط . ليس لدى أي عالم أدنى حجة أو أية واقعة يستطيع بها نقض مثل هذه الفرضية ، حتى بعدئذ عندما يتعلق الأمر بسبب يجب البحث عنه خارج ـ طبعاً لا مناص عن ذلك ـ عالمنا الثلاثي الأبعاد .

من المؤكد ، بغض النظر عن الأسباب ، ان هذا العالم موجود . إنه موجود منذ أمد طويل بحيث نشأت على الأرض ، كما وبدون شك على أجرام سماوية اخرى لا حصر لها ، الحياة والوعي وأخيراً الحضارة . بلغت هذه الحضارة بالضبط في عصرنا درجة تمكننا من ادراك عملية التطور الجارية منذ مليارات السنين . بعد عصور طويلة من اللاوعي كنا نحن ، في كل الأحوال على هذا الكوكب ، الكائنات الحية الاولى التي اكتشفت ذاتها كنتاج أخير مؤقت لهذا التاريخ المديد . إننا أول بشر توفرت لهم الامكانية لإعادة تصميم الكون على الأقل بخطوطه العريضة والعودة به الى الوراء حتى بداياته الاولى متعرفين بذلك على الشروط التي يعود اليها فضل نشوئنا ونشوء المحيط الذي نعيش فيه .

بذلك نجد أمامنا طريقاً مفتوحاً جديداً تماماً للتعرف على ذاتنا . لقد حاولنا حتى الآن التعرف على جوهر الانسان فقط من خلال مجرى «التاريخ» أو من خلال مجرى «التاريخ الكوني» . لم يكن يوجد أي

مصدر آخر . يبين لنا الآن تاريخ الطبيعة في مسيرتها الطويلة منذ الانفجار الأول حتى وَعْينا كم هي صغيرة القطعة التي حاولنا التوصل منها الى كل ما ذكرناه .

ليس التاريخ قصة تتابع الممالك والمعارك والحضارات وحسب . إن التاريخ الفعلي يتجاوز ذلك بكثير . إنه يبدأ مع البيغ بانغ ، مع نشوء الهيدروجين والأجرام السماوية الاولى ويمتد من هناك بدون أية فواصل وبتسلسل صحيح عبر تشكل الكواكب مع أغلفتها الجوية حتى نشوء الحياة والأدمغة وأخيراً حتى ظهور الوعي والذكاء ونشوء التاريخ بمعناه التقليدي ونشوء العلم . لم تزل هناك مهمة مستقبلية للمؤرخين لم يتعرفوا عليها بعد وهي توسيع مجال بحوثهم ليشمل مجرى التاريخ بهذا المفهوم العلمي ـ الطبيعي ومحاولة اشتقاق قوانين التطور «التاريخية» الأساسية من التاريخ الفعلي للعالم .

لأن هذا «التاريخ الطبيعي» ، كما أحب أن أسميه ، الشامل يحتوي جذور وجودنا وبالتالي المفاتيح التي تؤدي الى فهمه . إن هذا ، الذي حصل آنذاك قبل زمن طويل عندما لم تكن توجد أفكار وقبل كل شيء لم تكن توجد أفكار انسانية ، هو الذي وضع الأساس والإطار لكل ما توجب أن ينتج لاحقاً عن هذا البدء . إن ما حصل آنذاك يشكل الصيغة التي صكّتنا وصكّت الوسط الذي نشأنا منه وفيه . إننا لم نوضع في هذا العالم جاهزين دفعة واحدة كما كان يعتقد لقرون عديدة بل إن هذا العالم أنتجنا خلال مسيرة نشوئه كناتج من نواتجه .

لهذا السبب حسمنا ووضعنا الشروط الجوهرية والأساسية لوجودنا في بدء الكون . عندما بدأت البروتونات والالكترونات خلال الدقائق الاولى من البدء تتحد مع بعضها في الغيمة الناتجة عن الانفجار لتشكل ذرات الهيدروجين ، ذي القدرة العجيبة على التطور كمادة بدئية اولى لكل ما هو قادم ، كان واضحاً أن الثبات والاستمرار الأبدي ليسا من خصائص هذا العالم . إن خصائص الصيرورة المستمرة التي يتصف بها هذا الكون المتمدد بصورة انفجارية يجب أن تنسحب بالضرورة على كل ما أنتجه هذا الكون المولود .

إن العالم الذي هو متناه ومتغير باستمرار لا يمكن أن يحتوي ما هو لا متناه وأبدي .



٢. مكان تحت الشمس

لانعرف بالضبط كيف نشأت كرتنا الأرضية . سيفاجىء هذا القول الكثير من الناس وهم بالتأكيد محقون في ذلك ، لأن العلم الذي توسع إلى درجة اصبح معها قادرا على تتبع نشوء الكون حتى بداياته الأولى يجب ان يكون قد عرف اكثر عن الكوكب الذي يجلس عليه . رغم ذلك لم يزل الغموض يكتنف بداية نشوء الأرض ونشوء المجموعة الشمسية بكاملها .

قد يبدو كلامنا متناقضا اذا قلنا ان مصاعب دراسة نشوء الكوكب الذي نجلس عليه تعود الى اننا نجلس عليه وان بقية الكواكب التابعة لشمسنا تعتبر قريبة نسبيا وهي لذلك في مرمى اجهزتنا . لهذه الاسباب اصبحنا نعرفها جيدا بكل مالها من مواصفات مختلفة . لكن جميع هذه المواصفات يجب ان تراعى وتفسر من قبل النظرية التي تتحدث عن نشوء هذه الاجرام السماوية . نستطيع في البداية ان نتوقع ان الكم الكبير من التفاصيل والارقام التي نعرفها عن هذه الاجرام القريبة ستعني كماً كبيراً من المؤشرات التي تدلنا على الطريقة التي نشأت فيها .

لكن الأمر ليس كذلك ، لأن نظامنا الكوكبي هو النظام الوحيد الذي نعرفه . من المعروف ان الكواكب ليست مضيئة بذاتها بل انها تعكس ضوء الشمس الساقط عليها . علاوة على ذلك فإن اكبرها اصغر عشر مرات على الأقل من اصغر نجم ثابت مضيء كالشمس مثلا . لهذه الاسباب لم تصبح ممكنة حتى اليوم مراقبة اية منظومة كوكبية تابعة لنجم آخر حتى ولا بأكثر اجهزة المراقبة حساسية . إذا أردنا ان نكون دقيقين يتوجب علينا تحت هذه الظروف أن نعلن اننا لم نتمكن حتى اليوم من الحصول على براهين مباشرة تؤيد أو تؤكد وجود نجوم أخرى تدور حولها ، كشمسنا ، كواكب غير ملتهبة .

من الناحية المبدأية قد يكون ممكنا ان منظومتنا الكوكبية ليست المنظومة الكوكبية الوحيدة التي نعرفها وحسب بل المنظومة الكوكبية الوحيدة الموجودة في الكون على الاطلاق . لكن للعلماء انطباع مجرب

ومحقق يجعلهم يعبرون احتمال «الحالة المنفردة» لأية ظاهرة يشاهدونها اهمية جد ضئيلة . بكلمات اخرى : ان احتمال ان يكون لشمسنا من بين مليارات النجوم الأخرى في مجرتنا وحدها ـ بغض النظر عن العدد الهائل من المجرات الأخرى ـ هذه المكانة المتميزة يعتبر غير محتمل .

بناء على هذا الموقف لايستطيع العلماء على ضوء الكم الهائل من المعلومات التي يعرفونها عن كواكب شمسنا ان يعطوا أية «معلومات احصائية» . انهم ، بكلمات اخرى ، لايعرفون ابدا عما اذا كان اي رقم أو اية واقعة أخرى يتأكدون منها في منظومتنا الشمسية «نموذجية لمنظومة كوكبية» أو أنها تنطبق فقط على حالة حصلت بمجرد الصدفة في نظامنا الشمسي . في الحالة الأولى ستكون الخاصية المعنية حجر موزاييك مفيداً في نظرية النشوء . اما في الحالة الثانية فيجب ان نحذر من ادخالها في النظرية لأنها موجودة «بالصدفة» وهي لاترتبط بالضرورة بالقوانين التي ادت الى نشوء المنظومة .

لأن الأمر كذلك فإن الكمية الهائلة من المعلومات والظواهر تسبب للفلكيين ارباكاً أكثر مما تساعدهم على التوجه ، عندما تدور المسألة حول كيفية نشوء الأرض وجميع الكواكب الأخرى . اننا نعرف عن المجرة بهذا الصدد نسبياً اكثر بكثير على الرغم من انها اكبر بدرجة لايمكن تصورها ومعلوماتنا التفصيلية عنها أقل بمقدار كبير . لذلك قام الفلكيون بتصوير الآلاف المؤلفة من هذه المجرات وقاموا بدراستها وتحليلها بمختلف الطرق. هذه الدراسات تعطيهم الامكانية لتصنيف المجرات في مجموعات ومقارنة خصائصها والحصول اخيراً على صورة موثوقة عن منظر المجرة «النموذجية» وعن القوانين التي تخضع لها خصائصها .

لنضع أولا امام اعيننا بعض الوقائع التي يجب ان تُعلّل عندما نريد أن نقترح نظرية حول نشوء المجموعة الشمسية وبالتالي كرتنا الأرضية . اهم هذه الوقائع بدون شك هو كون جميع الكواكب المعروفة ، من ميركور (عطارد) حتى بلوتو ، تدور حول الشمس في نفس الاتجاه مشكلة دوائر في الفضاء تقع جميعها في نفس المستوي . كان من الممكن نظرياً حسب جميع قوانين الميكانيك الفضائي التي نعرفها اليوم ان تدور الكواكب حول الشمس على مستويات مختلفة وفي اتجاهات مختلفة . بما انها لاتفعل ذلك وبما ان المستوى المشترك لمداراتها جميعها يتطابق تقريبا مع خط استواء الشمس فمن الصعب اعتبار كل هذا مجرد صدفة .

إن هذه الحالة ، هذا مايتفق عليه جميع العلماء ، لايمكن تفسيرها إلا بافتراض ان الشمس ذاتها بدورانها حول نفسها قد ساهمت الى درجة كبيرة في نشوء المنظومة الكوكبية التي تدور حولها . لكن عند هذه النقطة تبدأفوراً المصاعب . ستبدو في هذا المنحى الفكري الفرضية الأقرب إلى التوقع هي أن الشمس والكواكب نشأت من خلال نفس العملية التطورية من غيمة واحدة عملاقة مكونة من الغاز والغبار الكوني تجمعت وتكثفت شيئاً فشيئاً بتأثير وزنها الذاتي . بما ان الغيمة المتصارعة داخليا بهذه الطريقة تكتسب بالضرورة حركة دورانية متسارعة باستمرار ـ لنفس الاسباب كالراقصة على الجليد التي تجذب ذراعيها الى جسمها عندما تدور كالمغزل حول ذاتها ـ تنشأ عنها قوى نابذة قوية متناسبة معها ستشكل ببطء ولكن بالتأكيد من هذه الكتلة التي تدور حول نفسها دائماً أسرع وأسرع فرصة يدور حول

نفسه أيضاً .

ما من شيء يبدو أسهل على الفهم من مجرى التطور اللاحق : بسبب هذه القوى النابذة ذاتها تنفصل من الاطراف الخارجية للقرص العملاق شيئاً فشيئاً مادة غازية الشكل . تتابع الاجزاء المنفصلة بعد الانفصال تحركها في نفس الاتجاه وفي نفس المستوى . اي انها ، بكلمات أخرى ، تبدأ الدوران بالطريقة الموصوفة .

من خلال ذلك تتجمع أجزاء كل منها حول مركز ثقله الذاتي مشكلة نواة الكواكب اللاحقة بينها تتشكل من الكتلة الرئيسية للقرص أخيراً الشمس .

مهما بدا هذا العرض جميلاً ومقنعاً فإنه يجب ان يكون خاطئاً ، لأنه يوجد للأسف بين المواصفات الكثيرة التي نعرفها عن منظومتنا الشمسية بعض الخصائص التي لاتنسجم بتاتاً مع هذه النظرية . اهم هذه الخصائص هو مايسمى «تناقض الاندفاع الدوراني» . يعني الفلكيون بذلك الواقعة التي يصعب تفسيرها حسب ميكانيك الفضاء تفسيراً مرضياً وهي ان الشمس تشكل حقاً ٩٩,٩ بالمائة من اجمالي كتلة المجموعة الشمسية بكاملها لكنها تحتوي فقط على أقل من ٢ بالمائة من اندفاعها الدوراني.

دعونا نمعن النظر بما يعنيه هذا الكلام لكي نفهم لماذا تكتسب هذه الحجة كل هذا الوزن ضد نظرية النشوء التي شرحناها لتونا والتي تبدو مقنعة الى حد بعيد . ان المسألة في غاية البساطة . عندما تنفصل بتأثير القوى النابذة عن قرص يدور شظايا كتلية فإن سرعة دوران القرص المركزي ستكون ، حسب قوانين الميكانيك وبتأثير الفعالية المغزلية التي ذكرناها سابقا ، أكبر من سرعة دوران الشظايا المنفصلة . لقد حصلت هذه الشظايا عند انفصالها على السرعة المطابقة لمكانها على الطرف الخارجي للقرص ولا يوجد اية قوى تستطيع زيادة سرعتها الدورانية لاحقا . اما الكتلة الرئيسية للمنظومة ، المركزية والقرصية الشكل ، والتي يجب ان تكون حسب هذه النظرية قد نشأت عنها أخيرا الشمس ، فتتابع تركيزها بعد انفصال نوى الكواكب المنفردة ، الأمر الذي يجب ان يؤدي الى متابعة زيادتها لسرعتها الدورانية . لذلك يجب ان تكون في النهاية سرعة دوران الجسم المركزي ، أي الشمس ، أكبر من سرعة دوران جميع الكواكب على مساراتها المختلفة .

غير ان الحال لدى المجموعة الشمسية هو للأسف عكس ذلك . نقول «للأسف» لأن هذه النظرية السهلة والمقنعة التي ترجع عملية النشوء الجماعية الى غيمة بدئية واحدة بدون اي مؤثر خارجي تكون بذلك قد سقطت . لكي يكون التفسير صحيحاً يجب ، بناء على حسابات فلكية دقيقة ، ان تدور الشمس بسرعة اكبر مائتي مرة على الأقل من السرعة التي تدور فيها فعلا .

كيف نشأت اذن المنظومة الشمسية؟ يوجد اليوم اكثر من ٣٠ (ثلاثين!) نظرية مختلفة تحاول جميعها الاجابة على هذا السؤال . ان العدد وحده يعبر بوضوح عن حالة الضياع . يعود السبب في تضخم العدد الى ان كل نظرية تحاول تفسير خاصية معينة من خصائص المنظومة غير أن مايتتج في النهاية يناقض خاصية ما من الخصائص الأخرى . بغية تفسير هذا التناقض تنشأ نظرية جديدة وهكذا . لكن ما من واحدة من هذه المحاولات العديدة تمكنت حتى الآن من تقديم تفسير مقنع لكامل المسألة .

رغم ذلك نود ان نعرض هنا باختصار اثنتين من هذه النظريات . الأولى منها سنعرضها لأنها أثارت في حينها نقاشا حاميا خارج الدوائر المختصة ايضا ولأنها لم تزل تعتبر حتى اليوم في بعض الدوائر على انها صحيحة . ان تكون هذه النظرية في الواقع قد نُقِضَت ايضا منذ زمن طويل يبدو لي مهما قبل كل شيء لأنها ترتبط بصورة غير مباشرة بالسؤال عما اذا كانت الحياة قد نشأت في مناطق أخرى من الكون ايضا . ان النظرية المعنية هنا هي تلك التي طورها الفلكي الانكليزي المعروف جيمس جينز والتي تسمى «نظرية الكارثة» .

كان اهتمام جينز يتركز قبل كل شيء على تفسير «المقدار الفائض» في الاندفاع الدوراني للكواكب . بما ان هذا ، كما سبق ورأينا ، لم يكن قابلا للتفسير من خلال مجرى الاحداث في المنظومة ذاتها ، بدا منطقياً ان يجري البحث عن قوة يمكن ان تكون قد جاءت من الخارج . لم تكن هناك امكانية لايجاد مثل هذه القوة الا في نجم آخر . قادت هذه الخاطرة جينز الى الفكرة القائلة أنها ربما تكون قبل مليارات السنين قد اقتربت شمس غريبة بالصدفة، اثناء طيرانها عبر الفضاء الكوني ، من شمسنا لدرجة ان قوة الجاذبية المتبادلة لكلا النجمين قد سلخت عن جسديهما كتلا ملتهبة . اندفعت هذه الكتل جميعها بسبب دفع التلاقي في نفس الاتجاه على مسارات حول الشمس ثم بردت وتكثفت لتصبح لاحقا الكواكب الحالية .

لقد حلت ، كما نرى ، «فرضية التلاقي» التي وضعها جينز مشكلة تناقض الاندفاع الدوراني بطريقة جدُّ أنيقة . يكون هنا ببساطة الاندفاع الناتج عن العبور السريع للنجم الغريب والمتنقل بسبب قواه الجاذبة الى الشظايا هو الذي يمنح الكتل الغازية المتمزقة عن الشمس ، والتي تصبح لاحقاً كواكب ، هذا الدفع الاضافي . تعلل هذه النظرية جيداً ايضا توافق اتجاه دوران جميع الكواكب حول الشمس . وينطبق نفس القول على كون مسارات جميع الكواكب تقع في نفس المستوي . كما أن حتى حقيقة كون محور دوران الشمس ينحرف بمقدار ست درجات تقريبا عن مستوي مسارات الكواكب يمكن فهمه على ضوء هذه النظرية أفضل مما لو لم تكن هناك قوة مؤثرة من الخارج . مهما كان هذا الانحراف الشمسي ضئيلا فإنه لايجوز ان يكون موجودا لو كانت الكتل التي تشكلت منها لاحقا الكواكب قد انفصلت ببساطة عن جسم الشمس بسبب القوى النابذة .

لذلك لانستغرب ان تلقى فرضية هذا الانكليزي منذ ثلاثينات هذا القرن قدرا كبيرا من الاحترام . دارت في نفس الوقت مناقشات حامية حول النتيجة التي يبدو أنها تترتب حتماً على هذه النظرية . اذا كان جينز مصيباً ـ والجميع كانوا يعتقدون آنذاك ان نظريته مرجحة الاحتمال ـ فإن الحياة لن تكون موجودة على الأرجح في كامل الكون إلا في مجموعتنا الشمسية ، لأن النجوم موزعة في الفضاء الكوني على مسافات هائلة البعد عن بعضها البعض بحيث يكون مثل هذا «الشبه تصادم» الكوني حالة حدية نادرة الحصول . لقد أشارت حسابات الفلكيين إلى ان هذا النجم الغريب ، يجب ان يكون قد اقترب من شمسنا لدرجة أنه كاد أن يلامسها ، لكي يستطيع أن يجرف عنها مادة كافية الى مسافة كافية . بناء على المسافات الهائلة بين النجوم يمكن ان تكون مثل هذه «المقابلة المتلامسة» قد حصلت في كامل

مجرتنا مع المائتي مليار نجم الموجودة فيها وخلال كامل حياة الكون وعلى أبعد تقدير بعض المرات القليلة او لربما تلك المرة الواحدة الوحيدة فقط.

إذا كانت المنظومة الكوكبية «النموذجية» لاتقبل التفسير إلا بواسطة حدث كهذا ، عندئذ تكون منظومتنا نتيجة لصدفة غير محتملة بتاتاً ، وربما كانت هي الوحيدة في كامل الكون . (نستطيع اليوم ان نضيف انه حتى من هذا المنظور المُغرِق في التشاؤم يجب ان يوجد منظومتان كوكبيتان على الأقل : بالاضافة الى منظومتنا منظومة ذاك النجم الذي يجب ان يكون قبل زمن غير معروف قد اقترب من شمسنا الى درجة كاد يلامسها ، لأنه يجب ان يكون قد حصل معه نفس الشيء الذي حصل مع نجمتنا المركزية الشمس .

لكن وبما أن الحياة ممكنة فقط عل كوكب متماسك مكون من مادة باردة وليس على غيمة غازية لنجم ثابت ملتهبة ذرياً كان جينز بتفسيره ، كما بدا آنذاك ، قد قدم ، دون أن يريد ، البرهان المقنع على وحدانية وجودنا في الكون أو على الاقل في مجرتنا .

لقد اصبحنا نعرف اليوم ان نظرية التلاقي لجينز هي ايضا غير صحيحة . هناك سلسلة كاملة من الاعتراضات ضدها .أهم اعتراضين: لقد اشارت الحسابات الدقيقة للقوى والتأثيرات المتبادلة الناتجة عن الكارثة الكونية المفترضة الى ان منظومتنا الكوكبية كانت ستكون أصغر بكثير لو عاد وجودها الى مرور عابر لنجم غريب ، ولكانت قد وصلت بالكاد الى مسار الكوكب عطـارد ـ بينما في الواقع يتحرك بلوتو ، أبعد الكواكب ، على مدار يبعد عن الشمس مسافة تزيد عن ذلك بمائة مثل .

أما الاعتراض الثاني فلا يقل اهمية عن الأول . ان المادة التي انسلخت عن الشمس يجب ان تكون ساخنة كالشمس . من المعلوم ان حرارة الشمس متفاوتة تبعاً للعمق الذي «تقاس» فيه . تبلغ درجة الحرارة في الوسط ، أي في مركز النار الذرية المتأججة رقماً لايمكن تصوره وهو ١٥ مليار درجة . أما على السطح الخارجي للشمس فتبلغ «فقط» ٥٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ درجة . لكن وبما ان درجة الحرارة تبدأ مباشرة تحت السطح بالارتفاع بسرعة كبيرة ، يجب أن تبلغ درجة حرارة المادة الغازية ، التي انسلخت عن الشمس بتأثير قوى جاذبية خارجية ، ١٠٠٠٠٠٠ درجة على الأقل .

لكن الغيمة الغازية الساخنة الى هذا الحد ستكون غير قادرة على البقاء متماسكة في الفضاء الكوني الحر . لن تكون لها أدنى فرصة لتتجمع متحولة الى كوكب ، بل لكانت قبل ان تبرد بما فيه الكفاية قد انتشرت في جميع الاتجاهات عبر الفراغ . ان جسماً غازياً يجب ان يكون بحجم الشمس لكي يكون مستقراً في درجات حرارة عالية كهذه أو أعلى ، لأنه ابتداء من تجمع كهذا لكتل هائلة تصبح الجاذبية قوية بما يكفي لمقاومة ضغط الاشعاع المندفع نحو الخارج .

لا أمل يرجى اذن من نظرية التلاقي مهما كانت قد حركت الخواطر لفترة عابرة . تحت هذه الظروف يبدأ العلماء اليوم بوضع نظرية جديدة كانت نواتها قد طورت قبل مائتي عام من قبل عمانويل كانط وأعطيت اسما يقود الى بعض الالتباس وهو «فرضية النيازك» . نود هنا ان نعرض هذه النظرية باختصار بالصيغة التي اصبحت عليها اليوم اي مع كل الاضافات والتحويرات الحديثة التي اجريت عليها من قبل كثير من العلماء وفي مقدمتهم الألماني فايس زيكر والروسي شميت والانكليزي هويل.

تقوم نقطة الانطلاق الحاسمة في هذه النظرية على الافتراض القائل ان الكرة الأرضية شأنها شأن جميع الكواكب الأخرى قد نشأت «باردة» . ان تكون جزيئات الغاز والغبار التي نشأت هذه الكواكب عنها قد تحررت من الشمس أو ان تكون قد بقيت فائضة عند تشكل الشمس أو ان تكون كما يظن الفيزيائي الروسي شميث ، قد جاءت من أعماق الكون والتقطت فقط من قبل الشمس ، كل هذه الأمور لم تزل غير واضحة . على كل حال كانت الصيغة التي وضعها كانط لهذه النظرية تنطلق ايضا من ان الشمس والكواكب قد تشكلت على التوازي في نفس الوقت من ضباب بدئي فوضوي مؤلف من الهيدروجين والجزئيات الغبارية .

قبل كل شيء يؤيد التركيب الكيميائي لكرتنا الأرضية أن درجة حرارة سطحها الخارجي لايمكن ان تكون قد زادت في أي وقت من تاريخ حياتها عن عدة مئات من الدرجات . شكّل الغاز والغبار اذن نواة أرضنا . اما الغاز ـ بكامله تقريبا هيدروجين ـ فقد تبخر القسم الأعظم منه متطايرا في الفضاء مما جعل نسبة الغبار المتماسك والمكون من العناصر المختلفة تتزايد عبر الزمن باستمرار. لذلك كانت تلتقي جزئيات الغبار بالصدفة مرارا ومرارا مع بعضها البعض ثم تتجمع . وعندما تشكلت منها بهذه الطريقة بعض القطع الأكبر أضيف تأثير الجاذبية إلى العملية مما أدى إلى تسريعها .

من المرجح ان تكون هذه العملية قد حصلت قبل ٥ ـ ٦ مليار سنة ، ومن الصعب تقدير المدة التي استغرقتها وان كان مؤكداً انها دامت «عدة ملايين من السنين» . اما المرحلة الأخيرة ، وهي مرحلة تجمع القطع المختلفة حول القطعة الاكبر التي يجب ان تكون قد شكلت نواة الأرض ،فكانت بالمفهوم الفلكي قصيرة اذ استمرت ربما فقط ٨٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ سنة .

حسب رأي الفلكي الامريكي هارولد أوراي لم نزل جميعنا نستطيع حتى اليوم رؤية آثار هذه المراحل الأخيرة لنشوء الأرض بأعيننا : على القمر . كان اوراي يدعي قبل زمن طويل من الرحلات القمرية الأولى ان الندوب الموجودة على القمر سببها اصطدام القطع المادية الفائضة عند نشوء الأرض . إننا نعرف اليوم ان معظم الندوب القمرية لم تنتج عن انفجارات بركانية ، كما كان يعتقد سابقاً ، وانما هي نتيجة لاصابات كونية . علاوة على ذلك فقد بينت قياسات أعمار الحجارة القمرية ، التي اصبحت أخيراً ممكنة ، ان عمر الركام المنتشر على سطح القمر هو كعمر الأرض (الأمر الذي فاجأ العلماء اذا انهم كانوا يقدرونه اقل من ذلك بعشر مرات) . من الممكن ان يكون أوراي ، الذي لاقت تخميناته في حينها معارضة شديدة ، مصيباً .

لقد تمكن فايس زيكر بواسطة نظرية اضافية معقدة ان يوضح بطريقة مقبولة كيف يمكن ان يكون اتجاه الدوران الموحد ومستوى المدارات الواحد لجميع الكواكب قد تحققا بسبب العواصف الدورانية وتأثيرات الاحتكاك على الرغم من ان تشكل كل منها قد تم مستقلا عن الأخرى . ثم تمكن هويل مؤخراً من وضع المقدمات لفرضية قد تتمكن في المستقبل من تفسير كيف أن الاندفاع الدوراني «الفائض» للكواكب قد انتقل من الشمس الى المناطق الخارجية بتأثير حقول مغناطيسية هائلة في أثناء المرحلة الغازية المبكرة لمنظومتنا .

بصورة عامة نستطيع ان نقول الآن اننا قد نحصل خلال وقت منظور على نموذج ذهني يعطينا تصوراً معقولاً عن كيفية نشوء منظومتنا الشمسية بكواكبها التسعة قبل حوالي ستة مليارات من السنين. لكن الأمور لم تزل في مرحلة الصيرورة الأمر الذي يجعلنا لانستطيع ان ننفي مسبقاً امكانية حصول مفاجآت. الشيء الوحيد الذي يبدو نهائياً ومؤكداً هو ان جميع التخمينات القديمة القائمة على ان الأرض قد مرت بـ«مرحلة نجمية» اي انها كانت ملتهبة في المرحلة الأولى من تشكلها تعتبر بالية تجاوزها الزمن. سنرى لاحقاً ان هذه الحالة هي بالنسبة لوضعنا المريح اليوم أو بقول ادق: بالنسبة لقابلية الأرض للحياة، ذات اهمية حاسمة.

لقد حصلت الأرض بدون شك من بين اخوتها من الكواكب الأخرى على موقع متميز. إنها تحتل افضل مكان في مجموعتنا الشمسية. قد يتوجب علينا أن نعترف بانصاف ان هذا القول قد ينطبق أيضاً على كلا جاري الأرض، الزهرة والمريخ. صحيح ان الجو السائد على هذين الكوكبين غير مقبول بالنسبة لنا ولانستطيع بدون تجهيزات واقية مكلفة ان نعيش هناك ولو لفترة قصيرة، لكننا لانستطيع الادعاء ان الحياة عليهما غير ممكنة على الاطلاق، علينا فقط ان نضع أمام اعيننا ان معاييرنا الأرضية ليست معايير ملزمة كونياً. ان مايبدو لنا غير محمول يمكن ان يكون بالنسبة لمتعضيات ذات تركيب مختلف مريحاً جداً بل ولربما مفضلا.

غير انه لابد من القول ان للتخيل في هذه النقطة حدوداً معينة اذا أردنا ان لانضيع في تخمينات لاتخضع للسيطرة. علينا أولا اذن ان نحدد هذه الحدود ولو ضمن إطار عريض. قبل كل شيء سيكون بالتأكيد منطقياً ان ننطلق من ان الحياة، مهما كان الشكل الذي هي عليه وحتى لو اختلف تماماً عما اعتدناه أو عما نستطيع تصوره، مرتبطة بالتمثل العضوي. كيفما حاولنا تعريف الحياة فإنها لايمكن ان تكون إلا شكلاً من اشكال التعبير عن بنية مادية (جسمية) معقدة تحصل فيها أو عليها عمليات او تغيرات كثيرة العدد ومتتابعة. مثل هذه البنية المعقدة تشترط وجود جزيئات كبيرة معقدة البناء. بذلك نكون قد وضعنا حداً أعلى لدرجة الحرارة المسموحة، لأن جميع الجزيئات تتفكك في درجات الحرارة العالية جدا إلى مكوناتها من الذرات المنفردة.

نستطيع بنفس الطريقة من التفكير ان نجد مرتكزاً لوضع حد أدنى لدرجة الحرارة المسموحة. كما سبق وقلنا، تشترط «الحياة» تغيرات مستمرة أي تبدلا متواصلا للحالات الجسمية. لذلك فإن الحياة بالصيغة التي نستطيع تصورها بها مرتبطة بالماء السائل كمادة انحلال اي كـ«وسط» تجري فيه العمليات المتواصلة التي هي قبل كل شيء عمليات كيميائية. إذن لكي يتمكن كوكب ما من حمل الحياة وقبل كل شيء انتاجها يجب ان يهيء «بيئة حرارية» يتشكل فيها الماء السائل على الأقل وقتياً (خلال فصول سنوية محددة أو خلال مراحل تطور جيولوجية).

في نقطة لاحقة من التاريخ الذي نحاول رسمه في هذا الكتاب سيشغلنا السؤال عن كيفية نشوء الحياة على الأرض وعما اذا كانت عملية نشوئها قد تمت بصورة طبيعية أو «فوق طبيعية». بعدئذ سوف نعالج كيف يمكن ان تتطور الحياة في شروط تختلف عن الشروط الارضية.

أما هنا حيث نهتم بوضع تاريخ النظام الذي يمثل مأوانا الكوني فإنه من المشروع ان نقصر بحثنا على الشروط الصالحة بالنسبة لنا بصورة خاصة . سيعني هذا عندئذ ان الوسط الحراري اللازم لجعل الحياة ممكنة يقع بين درجة تجمد الماء ودرجة غليانه . المصدر الوحيد للحراة الذي يمكن اخذه بعين الاعتبار هو النجم القابع في مركز المنظومة والذي عمدناه تحت اسم «شمس». بما ان الاشعاع الشمسي ظل عملياً ثابتاً منذ مليارات السنين ، هذا ما تشير اليه الآثار المتبقية في باطن الأرض ، فإن درجة الحرارة على كوكب من الكواكب تتعلق بصورة جوهرية بالمسافة التي تفصله عن الشمس ثم بالغلاف الجوي المحيط به اذا كان له مثل هذا الغلاف.

اذا ما وضعنا جميع اعضاء منظومتنا تحت هذا المنظار يتضح لنا كم هو مثالي الموقع الذي تحتله الأرض . لكن هذا الامتياز المكاني الذي حصل عليه بالذات كوكبنا لايجب ان يجعلنا في هذا الترابط الخاص نتخذ موقف المتشكك تجاه المسار الفكري الذي نتتبعه . بما أننا موجودون ، ربما الوحيدون ، على الأقل الوحيدون كشكل من اشكال الحياة العالية التطور في منظومتنا الشمسية وبما اننا قد نشأنا على الأرض لذلك يجب ان يكون موقع هذا الكوكب في المجموعة الشمسية متميزاً منذ البدء . لو لم يكن الأمر كذلك لنشأنا وتطورنا على كوكب آخر أو لما توفرت لنا الامكانية اليوم لتكوين افكار حول هذه الظواهر .

لنبدأ ملاحظاتنا بالكوكب الأول من الداخل ، الأقرب الى الشمس ،الكوكب ميركور (عطارد). يتحرك عطارد على مدار يبعد عن الشمس وسطياً حوالي ٥٨ مليون كم .

بغية المقارنة نذكر ان الأرض تبعد عن الشمس حوالي ثلاثة امثال هذه المسافة أي حوالي ١٥٠ مليون كيلو متر . تتطابق درجات الحرارة على الجهة من عطارد المواجهة للشمس مع هذا التناسب ، اذ تبلغ حوالي ٣٠٠ إلى ٤٠٠ درجة . بما أن هذا الكوكب أصغر (يبلغ حجمه مرة ونصف حجم القمر) من ان يتمكن من تثبيت غلاف جوي حوله يخفف من التأرجحات الحرارية فإن درجة الحرارة تنخفض على الجهة المظلمة حتى ناقص ١٢٠ درجة . إن هذا التفاوت الحراري المخيف لايستطيع تحمله حتى ولا رواد الفضاء المرتدون أفضل البدلات الفضائية التي نصنعها اليوم .

أما على الكوكب فينوس (الزهرة) المجاور لنا من الداخل فتبلغ درجة الحرارة ايضا حوالي ٤٠٠ درجة على الاقل وربما اكثر من ٥٠٠ درجة أحياناً . على الرغم من بعده الأكبر عن الشمس والبالغ حوالي ١٠٠ مليون كم تبلغ الحرارة هذه الدرجة المرتفعة لأن الغلاف الجوي المحيط به شديد الكثافة بحيث يبلغ الضغط على أرض الزهرة ١٠٠ ضغط جوي ، أي ان الرصاص الذي ينصهر في الدرجة ٣٢٧,٥ سيكون سائلا هناك .

لذلك لانستطيع تحت هذه الظروف ان نفكر بهبوط مركبة فضائية مأهولة على سطح الزهرة خلال ماتبقى من عمرنا . سيكون ايضا على المستقبل البعيد غير ذي جدوى . في مثل هذه الظروف المتطرفة سيكون للرجال الآليين فعلا واستثناء امكانات استطلاعية افضل من الانسان مهما كانت اجهزة حمايته جيدة ، لأن الانسان المسافر الى هناك يجب ان يتقوقع ليحتمي من الحرارة في دبابة سميكة إلى درجة لايستطيع معها مراقبة تلك الدنيا الغريبة إلا بحواس اصطناعية اي بصورة غير مباشرة . لكن مثل هذه

المراقبة ممكنة بنفس الجودة بواسطة نظام استعلامات تحمله مركبة فضائية مصممة لهذا الغرض . لذلك لانجد سبباً وجيهاً يبرر الاهتمام بارسال انسان في اي وقت الى هذا الكوكب المتوحش .

غير اننا على الرغم من الجو الجهنمي السائد على سطح كوكب الزهرة لايجب ان نصنفه ، في معرض حديثنا عن امكانية نشوء الحياة بالشكل المعتاد الذي نعرفه ، على انه كوكب معاد للحياة أو ان العيش عليه غير ممكن في أي وقت على الاطلاق . كما سنرى لاحقا مرت أرضنا على الأرجح في مراحلها الأولى بحالة تطور مشابهة . هناك مايؤيد وجوب اعتبار الزهرة «كوكباً حاملاً للحياة في المرحلة الجنينية» . في حال استمرار التطور بصورة طبيعية نستطيع ان نتجرأ على التنبؤ ان الحياة العضوية يمكن ان تنشأ في هذا الموقع ايضا من مجموعتنا الشمسية خلال ١ ـ ٢ مليار سنة .

لاشك ان هذا الزمن طويل جدا . علاوة على ذلك فإن النظام الشبه عضوي القائم على الزهرة في المرحلة الراهنة قابل للتخريب بسهولة من قبل كائنات عضوية قد تدخل اليه قادمة من الخارج . لذلك فإن الزهرة كوكب منحوس لوجوده بجوار كوكب مأهول بعِرْق واسع الفضول وشديد النشاط . لهذه الاسباب فان فرصة استمرار التطور الطبيعي على سطح الزهرة بدون مضايقات خارجية خلال كل هذا الزمن الطويل ضئيلة جداً بالتأكيد . قبل ان يكون هذا الكوكب قد بلغ هدفه النظري الممكن ستكون الأقمار الصناعية الأرضية وأجهزة المراقبة والبحث والتجارب البيولوجية الخارجية قد حولته إلى «مركز نفايات كوني» .

أما على سطح جارنا الخارجي المريخ (وسطي بعده عن الشمس ٢٢٨ مليون كيلو متر) فتتراوح درجات الحرارة على خط الاستواء بين زائد ٢٥ وناقص ٧٠ درجة . يبدو هذا بالمقارنة مقبولاً لكن الضغط الجوي خفيف جداً اذ يطابق الضغط الجوي الأرضي على ارتفاع ٣٠ إلى ٤٠كم (من المعروف ان متسلقي الجبال يحتاجون الى كمامة أوكسجين ابتداء من ارتفاع ٤كم) . سوف لن نتمكن اذن لهذا السبب من التنفس على سطح المريخ ، بغض النظر تماماً عن كون جو المريخ لا يحتوي تقريباً على الأوكسجين وإنما يتألف بمعظمه من غاز الفحم و(ربما) الآزوت.

لكن الشروط السائدة هنا هي بصورة عامة اقل تطرفا من تلك السائدة مثلا على القمر ـ الكوكب الذي وطأته مراراً أقدام البشر وتصرفت بنشاط عليه . رغم ذلك فإن الاقامة على المريخ غير ممكنة إلا لفترة مؤقتة لاغراض البحث العلمي وفي حماية ملابس فضائية معقدة مجهزة بانظمة تكييف وتنفس محكمة الاغلاق.

غير اننا لايجوز ان نستنتج من ذلك نفي نشوء أشكال حياتية مريخية خاصة هناك . لقد تكيفنا نحن البشر بدقة تامة خلال عملية تطور بيولوجية شاقة وطويلة مع الشروط الخاصة المتميزة السائدة هنا على الأرض بحيث اننا نميل إلى اعتبار اي انحراف عن هذه الشروط على أنه ضار لجميع انواع الحياة . ان هذا ليس سوى حكم مسبق مضلل فرضته علينا العادة . قد نعرف ما اذا كانت توجد حياة على المريخ عندما تهبط اول مركبة غير مأهولة على سطحه وترسل لنا نتائج تحليل تربته او تعود الينا حاملة عينات من هذه التربة .

بما ان معظم الناس لايعرفون السبب الذي يجعل من تحليل عينة من تربة المريخ طريقة مفيدة لكشف وجود اشكال حياتية هناك أود ان أوضح ذلك ببعض الكلمات. حسب كل مانعرفه لايستطيع اي نوع من انواع العضوية الحية أن ينشأ منعزلاً أو أن يستمر . يجب ان يبقى المجال الحيوي الذي تتواجد فيه مستقراً يوفر دائماً نفس الشروط الحياتية ، على الرغم من أن المتعضيات المنفردة تخضع لعمليات تمثل عضوي نشطة وتنشأ دائماً من جديد ثم تموت . وهذا لايكون ممكناً إلا عندما تتشكل دورات كبيرة ينتج عنها دائماً غذاء جديد وتتخرب فيها العناصر العضوية للافراد الميِّتة متفككة إلى مكوناتها الأولية بحيث تصبح جاهزة لبناء الأفراد الجدد. للمحافظة على هذه السلسلة المعقدة لمثل هذه الدورات يتوجب وجود عدد كبير جداً من مختلف انواع الكائنات الحية . تمتد هذه السلاسل على الأرض من النباتات عبر البكتيريا الأرضية الهادمة والحيوانات اللاحمة والقاضمة ، عملياً بدون اية فجوة حتى تصل إلى آخر زوايا المجال الحيوي المتوفر.

اذا كانت توجد حياة على المريخ تخضع ولو من بعيد للقوانين البيولوجية المنطبقة على الكائنات الحية الأرضية المعروفة فإنه يرجح ان لا توجد عينة مأخوذة من أرض المريخ لاتحتوي على الأقل ولو كائنات عضوية مجهرية . وبما ان هذه الكائنات المجهرية بدورها تحتاج إلى وجود دورات بيولوجية في محيطها ، ستؤيد النتيجة الايجابية لمثل هذه العينة اننا نستطيع ان نتوقع بعض المفاجآت عندما ندقق البحث بطرق أخرى .

على العكس من ذلك فإن النتيجة السلبية لتحليل العينة لن تعطي برهانا قاطعاً ، لأنه مهما بدا لنا هذا غير قابل للتصور فما من أحد يستطيع ان ينفي امكانية نشوء حياة على المريخ تخضع لقوانين مختلفة تماما عن البيولوجيا الأرضية التي نعرفها. في هذه الحالة قد لانجد لهذه الحياة آثارا في تربة المريخ . ان الاجابة ، التي قد تكون قريبة ، على هذا السؤال ، الذي لن نستطيع الاجابة عليه بالتأملات النظرية مهما كانت حادة والدائر حول ما اذا كان شكل البيولوجيا التي لانعرف سواها حتى الان هو الوحيد الممكن أم أنه مجرد حالة ارضية خاصة ، ستستطيع لوحدها أن تجعل من الرحلات العلمية القادمة الى المريخ مغامرة عقلية لامثيل لها . اما الجواب المؤكد فستقدمه لنا الرحلات المأهولة المخططة خلال العقد القادم .

ان عدم اكتشاف آثار للحياة في الصور التي أرسلتها المركبات المريخية حتى الآن لايعني اي شيء اطلاقا . لقد أشار العلماء هنا ، لغرض المقارنة، بحق إلى الصور ، التي ارسلتها اقمار الرصد الجوي مثل تيمبوس وتيروس وغيرها ، عن سطح الأرض . من بين آلاف وآلاف الصور المأخوذة بهذه الطريقة يوجد عدد قليل فقط يستطيع فني محترف ان يكتشف عليها مايشير إلى ان الأرض مأهولة على الرغم من أن حضارتنا قد غيرت سطح الأرض الى درجة لانتوقع لها مثيل على كوكب آخر .

اذا ماوجه إلينا السؤال عن الأمكنة المحتملة لوجود الحياة في مجموعتنا الشمسية خارج الكرة الأرضية فإن الجوابين العقلانيين الوحيدين اللذين نستطيع اعطاءهما في الوقت الحاضر هما : بعد زمن بعيد جداً في المستقبل ربما على الزهرة وباحتمال ضعيف جداً الآن على المريخ ، لأننا اذا ماغادرنا المريخ الى جوبيتر (المشتري) تصبح الشروط السائدة هناك على بعد ٧٧٠ مليون كم عن الشمس متطرفة جداً لدرجة

تصبح معها حتى الحياة البعيدة جداً عن الشكل الذي نعرفه غير ممكنة . ان هذا الكوكب الكبير (أكبر الكواكب) محاط بغلاف جوي سميك لاتستطيع اجهزتنا اختراقه تبلغ درجات حرارة طبقاته العليا ناقص ١٢٠ درجة ويتكون على الأرجح من غاز الأمونياك المتجمد والميتان . اما بالنسبة لبقية الكواكب ساتورن (زحل) ، اورانوس ، نيبتون وأفلوطن (وهو الأخير ويبعد عن الشمس ٦ مليار كم وتظهر الشمس منه كنجم صغير) . فيصبح مبدئياً نفس الشيء .

لقد نشأ اذن في المكان رقم ٣ اعتباراً من الوسط في نقطة مريحة ومناسبة على بعد ١٥٠ مليون كم من مركز ثقل المنظومة قبل ٥ ـ ٦ مليار سنة من كتل غبارية كونية ، الكوكب الذي نعيش عليه اليوم . كان في مراحل وجوده الأولى مجرد كرة فضفاضة ضعيفة التماسك بحجم يفوق حجمه الحالي عدة مرات . لكن تزايد وزنه جعله يتجمّع اكثر واكثر ويصبح بالتالي أكثف وأكثف . كما ان تزايد الضغط تسبَّبَ في نفس الوقت بتسخينه شيئاً فشيئاً بصورة متواصلة ودعمت عملية التسخين هذه بتفكك العناصر المشعة التي كان يحتويها آنئذ الخليط الفوضوي اللامتجانس من الكتل المادية المختلفة .

تنتج غالباً عن التسخين الفوضى . أما هنا واستثناء من القاعدة كان العكس هو الصحيح ، اذ عندما سخنت المادة المكونة للكوكب الناشيء اكثر وأكثر حتى اصبحت أخيراً في الداخل سائلا متأججا ، بدأت الجاذبية بفصل وتصنيف العناصر المختلفة ، التي تحتويها الكرة العملاقة ، تبعاً لوزنها . بهذه الطريقة يتوضح سبب كون نواة الأرض مؤلفة من معادن ثقيلة لكن ليس فقط في الداخل وانما ايضا في جميع الطبقات الأخرى للجرم السماوي الجديد يجب ان يكون قد حصل آنذاك اختلاط بطيء ولكنه جذري لجميع الاجزاء المتجمعة على اختلاف أنواعها والداخلة في مجال جاذبيته والتي ساهمت بذلك في نشوئه .

كان هذا ينطبق على السطح الخارجي ايضا . صحيح انه يوجد، كما ذكرنا ، في القسم الجامد من القشرة الأرضية عدد من الروابط الكيميائية التي ماكانت لتستطيع ان تبقى موجودة فيها لو ارتفعت درجات الحرارة هنا ايضا الى المستوى الذي هي عليه اليوم في أعماق اكبر من جسم الأرض. لكن التراكيب الجيولوجية القائمة تشير على الجانب الأخر إلى أن الطبقات الخارجية للأرض يجب ان تكون ايضا قد سخنت مؤقتاً على الأقل إلى درجة اصبحت معها في حالة لينة شبه سائلة نستطيع تشبيهها بالكتل المنطلقة لتوها من أعماق بركان هائج .

يصبح الأمر مثيراً عندما يتضح لنا اليوم ان كل عامل من هذه العوامل كان حقاً ذا أهمية حاسمة في عملية التطور اللاحقة . بعد عن الشمس قدره ١٥٠ مليون كم ، حجم جعل ، بسبب الحرارة الناتجة منه ، نشوء نواة معدنية للأرض ممكناً ؛ كمية من العناصر المشعة ساهمت في عملية التسخين تماماً بالمقدار الذي جعل اجزاء الأرض العليا تنصهر مشكلة السطح المتماسك والمترابط ، لكن هذا التسخين كان من الناحية الأخرى تحت المستوى الذي لو وصل اليه لأدى إلى تفكك الروابط الكيميائية المتشكلة والعودة بها إلى مكوناتها الأولية الدنيا .

ستتضح لنا فوراً أهمية هذه النقطة الأخيرة عندما ندرك ان الأرض حتى هذه النقطة من تطورها لم تتمكن من استخلاص أدنى فائدة من موقعها المتميز في المجموعة الشمسية . إن ماحاولنا إعادة تصميمه بخطوطه العريضة حتى الآن هو نشوء كوكب كروي الشكل تقريبا ذي سطح ممهد بصعوبة ومخلوط جيدا بسبب عمليات الانصهار ومكون من كتل صخرية من البازلت والغرانيت .

لكن كرة سابحة في الفضاء الفارغ ذات سطح من الصخور العارية وحتى لو كانت في موقع افضل من هذا الذي هي عليه ، ستكون عقيمة وستبقى عقيمة أيضاً . إن ما كانت تحتاجه هذه الكرة للآن هو الغلاف الجوي . من اين كان سيأتي ؟ ان الجواب بسيط ومذهل في آن واحد : لقد تعرقته الأرض .

** ** **

٣. نشوء الغلاف الجوي

لقد اصبح واضحاً أنه لم يكن للأرض غلاف جوي في نقطة التطور التي وصلنا اليها الآن . جميع الاجزاء الغازية باستثناء بعض البقايا الصغيرة تطايرت في الفضاء بينما تجمعت جزيئات الغبار اللا حصر لها ، عبر ملايين السنين ، حول بعضها البعض مشكلة جسماً كروياً بحجم الكوكب . بهذه الطريقة ضاعت العناصر الخفيفة جميعها تقريباً ولم يبق منها ، وهذه هي النقطة الحاسمة ، سوى تلك التي كانت متفاعلة مع عناصر ثقيلة مشكلة معها روابط كيميائية.

تشير جميع الدلائل الى ان هذا هو التفسير البسيط لكون الأرض تحتوي على حصة من العناصر الثقيلة أعلى بكثير من توزعها الوسطي في مجمل الكون . تتألف الشمس مثلا بنسبة تزيد عن النصف من الهيدروجين وتصل الى ٩٨ بالمائة من العنصرين الخفيفين ، الهيدروجين والهيليوم . يبقى فقط ٢ بالمائة من اجمالي كتلتها لجميع العناصر الأخرى . على العكس من ذلك تشكل نواة الأرض المؤلفة من معادن ثقيلة حصرا ، على الأرجح حديد ونيكل ، كرة يبلغ قطرها حوالي نصف قطر الأرض .

لكن نسبة العناصر الخفيفة والأخف الموجودة في القشرة الأرضية وفي البحار والغلاف الجوي الأرضي تبلغ اليوم مقداراً معتبراً . لاتشذ عن هذه النسبة سوى الغازات الخاملة التي من أهم خواصها عدم قدرتها على التفاعل مع العناصر الأخرى . لذلك تقدم ندرتها النسبية برهاناً غير مباشر على صحة نشوء الأرض «بالطريق البارد» ، الذي سبق وشرحناه . كما أنها تؤكد ان العناصر الخفيفة في هذه المرحلة من التطور الأرضي لم تكن قادرة على البقاء إلا متحدة مع عناصر أثقل (هذه الفرصة لم تكن متوفرة للغازات الخاملة) . لكن استمرار مثل هذه الاتحادات الكيميائية لم يكن ممكناً لو تجاوزت درجة حرارة الأرض على الأخص في قشرتها حداً معيناً .

تقدم هذه الافكار مجتمعة صورة للأرض كان معها داخلها سائلا أحمر متوهجا بينما كانت القشرة

المعرضة للفضاء الفارغ قد بدأت تبرد ببطء. تقف هذه الصورة مرة أخرى على أرضية صلبة . ليس فقط لأن هذا الوصف لم يزل يصح حتى الآن . لم يزل القسم الخارجي من نواة الأرض سائلاً متوهجاً حتى اليوم كما لم تزل الطبقات الدنيا من القشرة الأرضية حتى اليوم ساخنة بما يكفي لتغذية البراكين العديدة المنتشرة في شتى اصقاع الأرض .

لاتستمد الأرض حتى يومنا هذا حراراتها حصراً من الشمس ، بل ان حرارة لهيبها الداخلي الناتج عن الضغط والاشعاع لم تزل حتى هذا اليوم تشع تياراً ساخناً يصل حتى السطح . لهذا السبب فإن درجة حرارة سطح الأرض لن تنخفض إلى المستوى الكوني حتى ولو لم تكن الشمس موجودة . لكن هذا لن يساعد كثيراً لأن حرارة الأرض الذاتية متدنية جداً . يقدر الاشعاع الحراري الذاتي للأرض بحوالي واحد من مليون حريرة لكل سنتيمتر مربع من سطح الأرض في الثانية كحد أقصى . تمتص الأرض من الأشعة الشمسية المسلطة عليها ، في وسط النهار ، ٣٠٠٠ ضعف هذه الكمية التي تفقدها .

لكن هذه الحرارة الذاتية للأرض كانت لها آنذاك كما لم تزل لها اليوم نتيجة إضافية اكثر أهمية هي : حدوث البراكين . لم نعد نهتم اليوم بالنشاط البركاني إلا من وجهة نظر سياحية أو ككوارث نسمع عنها في نشرات الأخبار . لذلك قد يتفاجأ البعض عندما يعلم ان الأرض لم تكن لتستطيع ابدا تطوير وحمل الحياة مالم تكن بركانية منذ البدء .

إن ماتبصقه هذه «الجبال الباصقة للنار» هو ليس فقط كتلاً من المواد البركانية الملتهبة وانما بالاضافة إلى ذلك ، آنذاك كما اليوم ، كميات كبيرة من بخار الماء بالاضافة الى الآزوت وغاز الفحم والهيدروجين والميتان والآمونياك . بكلمات أخرى : كانت البراكين هي الفوهات التي تعرّقَ ، بكل المعنى الحرفي لهذه الكلمة ، كوكبنا عبرها العناصر الخفيفة المحبوسة في القشرة الأرضية والتي اصبح السطح الآخذ في التبرد يحتاجها بصورة ملحة . لولا البراكين لما حصلت الأرض ابدا على غلاف جوي من العناصر الغازية الخفيفة ولما وجدت المحيطات والبحار .

إن كميات المواد التي نقلتها البراكين من داخل الأرض الى خارجها أكبر مما يتصور معظم الناس . يقدر الجيولوجيون عدد البراكين النشطة في الوقت الحاضر بحوالي ٥٠٠ بركان تدفع سنوياً الى سطح الأرض كمية من الصخور يزيد حجمها عن ٣ كيلومتر مكعّب. بذلك تكون، خلال الأربعة إلى الأربعة والنصف مليار سنة التي يعتقد انها مرت منذ تصلب القشرة الارضية، قد خرجت كمية هائلة يعادل حجمها حجم جميع القارات . أما الانتاج الغازي للبراكين فلا يقل عن ذلك. بما أن هذا الانتاج يتألف بنسبة ٩٧ بالمائة من بخار الماء الذي هطل عبر الزمن متجمعاً في منخفضات الأرض فلا تبقى أية صعوبة لتصور نشوء المحيطات عن هذه الآلية . نستطيع في سياق هذا العرض أن نفترض أن نشاط البراكين وعددها كان في العصور الاولى ، حيث كانت الأرض لم تزل أسخن مما هي عليه اليوم ، أكبر بكثير مما هو عليه الآن .

لقد قلنا أن بخار الماء المتسرب عبر الصمامات البركانية هطل وتجمع في المناطق المنخفضة من سطح الأرض مشكلاً المحيطات الاولى . من المرجح أن هذه العملية التي استمرت عشرات الآلاف من السنين

ستبدو لكثير من الناس حدثاً دراميا مثيراً ، لأن بخار الماء عندما بدأ بالتكثف ومن ثم بالهطول على شكل قطرات كانت درجة حرارة القشرة الأرضية لم تزل تنوف عن ١٠٠ درجة بقدر كبير . لذلك عندما بدأ المطر آنذاك بالسقوط لأول مرة في تاريخ الأرض لم تتبلل الأرض من هذا المطر ، لأن القطرات المتساقطة كانت تتحول ثانية فور ملامستها سطح الأرض ، كما لو لامست صفيحة حامية ، الى بخار ماء يرتفع مجدداً نحو الأعلى . بهذه الطريقة راحت الحرارة الموجودة في القشرة الأرضية تنتقل الى الطبقات العليا من الغلاف الجوي بصورة أسرع وأكثر فعالية وتنتشر من هناك في الفضاء . وهكذا نرى أن كوكبنا قد سرَّع بمساعدة بخار الماء المتسرب من البراكين هذه المرحلة من تاريخه وعجَّل بالتالي عملية تبرّده .

لو بقيت جميع المياه الموجودة اليوم على سطح الأرض على الحالة البخارية التي كانت عليها في تلك الحقبة العابرة لكان ضغط الهواء على الأرض يبلغ ٣٠٠ ضغط جوي أي ٣٠٠ ضعف مما هو عليه اليوم . غير أنه يتوجب علينا اجراء بعض التشطيبات لأن كمية الماء يجب أن تكون آنذاك أقل مما هي عليه في الوقت الحاضر . رغم ذلك نحصل ، عندما نحاول وصف الحالة التي كان عليها سطح الأرض في هذه المرحلة ، على صورة كابوسية : غلاف جوي كثيف بدرجة لا تصدق لا تسمح نسبة بخار الماء العالية فيه لأي شعاع من ضوء الشمس باختراقه . لعشرات الآلاف من السنين استمرت الانفجارات بين الغيوم بلا انقطاع وبقوة لا نستطيع تصورها اليوم . يضاف الى ذلك حرارة تزيد عن مائة درجة وسطح للأرض محاط ببخار الماء المخيم فوقه . كان المصدر الوحيد للضوء هو البرق الناتج عن عواصف رعدية تصم الآذان ولا تهدأ أبداً . إن رائد الفضاء الذي سيجد أمامه كوكباً تسود فيه مثل هذه الشروط سيكون في منتهى الحكمة عندما ينعطف راجعاً من حيث أتى . إنه لن يتجنب الهبوط على مثل هذا الجرم السماوي وحسب بل سيشطب اسمه بالتأكيد من قائمة الكواكب التي يتوقع أنها قابلة للحياة .

بالرغم من كل ذلك كانت هذه الحالة فعلاً حالة الكوكب الذي نشأت عليه الحياة . ونظراً لكثير من الظواهر المتوازية نستطيع أن نعتقد أن حالة جارتنا الزهرة هي اليوم في مرحلة تحضيرية مشابهة .

إن الطريق الى الحياة طويل ويحتاج مليارات السنين ، لكن نَفَس الطبيعة طويل أيضاً . إن عدد العوامل التي يجب أن تتحقق مجتمعة لكي يتم قطع هذا الطريق الطويل بسلام ، أي عدد «الصدف السعيدة» ، قد أصبح حتى هذه النقطة من المراحل التي تتبعناها في تاريخ الأرض كبيراً لدرجة تبعث على العجب : البعد المناسب عن نجم يشع الطاقة دخل مرحلة الاستقرار منذ مليارات السنين . مدار يكاد أن يكون منتظماً (شبه دائري) يؤمن حداً أدنى من تجانس الشروط على سطحه . حجم ليس صغيراً جداً ، لكي تصبح عملية تسخين جسم الكوكب ممكنة ، ولا كبيراً جداً لأن زيادة التسخين ستؤدي الى ضياع معظم العناصر الخفيفة التي تلعب لاحقاً دوراً حاسماً .

إن عدد العوامل اللازمة والتعقيدات المتشابكة التي يجب أن تتحقق لكي تستمر عملية التطور بعد هذه النقطة يتزايد ، كما سنرى لاحقاً، اعتباراً من الآن بصورة أسرع وبشكل يثير الذهول .

إذا ما عدنا الآن الى السياق التاريخي وألقينا نظرة على الغلاف الجوي الذي أنتجته الأرض بعيد ولادتها سيلفت انتباهنا أن هذا الغلاف لم يكن يحتوي الاوكسجين . بخار الماء ، الهيدروجين بحالة

غازية ، الآزوت ، ثاني اوكسيد الفحم ، الميتان ، الامونياك ولربما أيضاً ثاني اوكسيد الكبريت ، هذه هي الغازات التي انطلقت من أعماق الأرض الملتهبة لتشكل أول غلاف هوائي لكوكبنا لم يكن يوجد بينها الاوكسجين الحر .

إن جواً بهذا التركيب لا يبدو لنا اليوم مميتاً وحسب بل ومعادياً للحياة بصورة مطلقة . في الواقع لم تكن تتوفر امكانية للبدء بشروط انطلاق اخرى . لقد كان في الواقع توفر الاوكسجين الحر في هذا الغلاف الجوي الأرضي الأولي واحداً من الشروط الكثيرة التي يجب أن تتحقق إذا كان على عملية التطور أن تستمر حتى ظهور الحياة . نحن ، بشر اليوم ، لا نستطيع العيش لحظة واحدة في جو يتكون بمعظمه من الآزوت وغاز الفحم والميتان . ينطبق نفس الشيء على جميع أشكال الحياة الكثيرة الاخرى التي تعيش معنا على الأرض . لكن تاريخ الحياة ليس هو ، كما كانت العلوم تعتقد حتى وقت قصير ، تاريخ بذرة حياتية بدائية اولى ، خلية بدئية مثلاً ، تطورت شيئاً فشيئاً على مسرح كوكب ما كان سطحه بالصدفة «صالحاً للحياة» وبقي خلال كامل المسيرة بدون أي تغيير . «صالح للحياة» ، هذا مفهوم نسبي ومتحول . علينا أن لا نقع في الخطأ ونعتبر ما يناسبنا فقط على أنه صالح للحياة وأي انحراف عنه مهما كان ضئيلاً على انه انحراف نحو الأسوأ . إن الحالة الحاضرة للأرض بكل جزيئاتها هي نتيجة لتطور كانت تجري فيه منذ البدء عمليات تأثير وتأثر متبادلة ومتواصلة بين الحياة والوسط الأرضي المحيط بها ، بما يشبه مبدأ البينغ بونغ (كرة الطاولة) ، كل عملية تشترط الأخرى تؤثر عليها وتتغير بتأثيرها .

لم تكن نتيجة ذلك انسجاماً أمثل بين جميع أشكال الحياة التي نعرفها والوسط الذي تعيش فيه وحسب بل نتج عنه أيضاً أن سطح الأرض قد تغير بتأثير العمليات البيولوجية الجارية فيه بطريقة وبدرجة لم تزل معالمها تتكشف للعلماء شيئاً فشيئاً حتى اليوم . إن الأرض كنتاج لهذه العملية التطورية قد ابتعدت عن الحالة «الطبيعية» التي كانت عليها قبل نشوء الحياة على سطحها بما لا يقل عما ابتعد كائن حي كثير الخلايا يعيش اليوم عليها عن أسلافه في حقبة سابقة . إن «الحياة» قادرة على المساهمة في تحقيق الشروط ، التي تنشط تطورها ، بفعالية مدهشة . سوف نتعرض الى هذه المسألة لاحقاً بالتفصيل .

إن «الصلاحية للحياة» هي إذن على أي حال ليست ، كما يعتقد معظم الناس ، خاصية أو بتعبير أفضل : مركب محدد من الخصائص المحددة التي إما أن تتوفر على كوكب ما أو لا تتوفر . على هذا الأساس تكون تراكيب العوامل المحيطة التي تجعل الحياة ممكنة ، إذا لم نحصر تفكيرنا بأشكال الحياة التي نعرفها ، حسب جميع الاحتمالات أكثر تعدداً مما يستطيع خيالنا الأرضي تصوره .

بتعبير آخر : ستصادفنا في مجرى سردنا التاريخي مؤشرات تفتح أعيننا على أن للظاهرة التي نسميها «حياة» ، قدرة على التكيف تفوق كل تصوراتنا .

لكل هذه الأسباب سيكون حكمنا ، على أن هذا الجو المحيط بالأرض قبل نشوء الحياة عليها والخالي من الاوكسجين سام ومعاد للحياة ، متسرعاً وخاطئاً حتى لو كنا لا نعرف ان الحياة قد نشأت فعلاً لاحقاً على هذا الكوكب الذي كانت تسود فيه تلك الشروط . لقد قدم فعلاً هذا الاكتشاف الجديد نسبياً ، بأن جو الأرض لم يكن يحتوي في الأصل كميات تذكر من الاوكسجين ، لعلماء الكيمياء

العضوية حلاً لتناقض قديم وأعطى في نفس الوقت الجواب على مسألة أساسية في علم الحياة يدور حولها جدل حام منذ مئات السنين .

كان التناقض يقوم على مسألة بدت غير قابلة للحل : جميع الكائنات الحية الأرضية (باستثناء بعض الطفيليات وأنواع قليلة من البكتريا) تحتاج الى الاوكسجين كمصدر طاقة لعمليات التمثل . على العكس من ذلك فإن جميع المادة العضوية غير الحية تتأكسد مع الاوكسجين الحر (بسبب نشاطه الكيميائي العالي جداً) أي تتدمر . كيف استطاعت إذن الحياة تحت هذه الشروط أن تنشأ لأول مرة ؟ مهما حاول أي عالم أن يتصور هذه العملية فإنه مضطر في أي حال أن يفترض أن نشوء العضوية الحية الاولى قد سبقته حقبة طويلة من «تطور المادة اللاحية الى الجزيئات العضوية» أو بتعبير آخر قد سبقه زمن نشأت خلاله جميع الجزيئات العضوية المعقدة والحسّاسة التي شكلت المادة الأولية اللازمة لنشوء البنية الحية الاولى .

كيف تمكنت هذه الجزيئات المعقدة من الحموض الأمينية والبيبتيدات المتعددة والحموض النووية والبورفيرين من البقاء مستقرة والاستمرار حتى الخطوة التالية ، التي لا تقل غموضاً ، حيث اتحدت أخيراً مشكِّلة العضوية الحية ؟ حسب جميع قواعد الكيمياء كان الاوكسجين الحر في الغلاف الأرضي يجب أن يفككها قبل أن تتمكن أية عملية لا بيولوجية من تحضيرها وبعثها الى الوجود .

لقد جاء الجواب من دراسة الفلزات القديمة جداً في باطن الأرض . تمكن الجيولوجيون من التأكد من وجود آثار الحت على هذه الفلزات . لقد وجدت إذن في أعماق الأرض دلائل لا شك في صحتها تشير الى أن العينات المدروسة قد تعرضت زمناً طويلاً جداً الى التأثيرات المناخية السائدة على سطح الأرض . رغم ذلك لم تطرأ على هذه الفلزات ، التي غارت في باطن الأرض قبل ٢-٣ مليار سنة بسبب عمليّات الانطواء الجارية في القشرة الأرضية وبقيت هناك على أعماق كبيرة بمعزل عن الهواء ، أية تغيرات كيميائية من النوع الذي يجب أن يحصل ضمن الشروط المشابهة السائدة حالياً في الغلاف الجوي الأرضي بسبب ما يحتويه من الاوكسجين . لقد كان مثلاً اوكسيد الحديد الذي تحتويه هذه الفلزات ، التي كانت في الأصل على سطح الأرض ، ثنائي القيمة . أما اليوم فإن أول ما يحصل في العمليات المناخية هو تحول مثل هذه الرابطة الى اوكسيد حديد ثلاثي القيمة . كذلك كان الأمر بالنسبة لبعض الروابط الاخرى من المعادن التي تحتوي الحديد والكبريت .

بهذه الطريقة تم قبل عدة سنوات اكتشاف حقيقة لم يكن يتوقعها أحد وهي أن الغلاف الجوي الأرضي الحالي لم يكن في الأصل كما هو عليه الآن . وهكذا أدت التأملات والبحوث اللاحقة الى حقيقة نشوء الغلاف الجوي بواسطة البراكين بالطريقة التي شرحناها في هذا الفصل .

على هذا الأساس أصبح مفهوماً الآن كيف تمكنت الجزيئات العضوية الضرورية الكبيرة من النشوء وقبل كل شيء من البقاء .

كما أصبحت الكيمياء العضوية الآن قادرة على الإجابة على السؤال حول سبب عدم تمكن العلماء رغم البحث الطويل والشاق من ايجاد أية آثار على الأرض تشير الى حصول «التلقيح البدئي» أي الى نشوء الحياة البدائية من مكونات غير عضوية أي عن غير طريق انقسام الخلايا الحية .

كما أن عدم تمكن العلماء من البرهنة على امكانية حصول التلقيح البدئي في الوقت الحاضر وضعهم لزمن طويل في موقف لا يقل حيرة وارباكاً ، لأنه إذا كان هذا التلقيح البدئي قد حصل بطرق طبيعية ، أي لا «فوق طبيعية» ، أو بتعبير آخر ، إذا كانت جميع المادة الحية الموجودة على وجه الأرض قد نشأت بتأثير قوانين الطبيعة فإنه لا يوجد سبب يمنع حصول ذلك الآن أيضاً . لقد أصبحنا اليوم نعرف سبب عدم حصول ذلك : إن الاوكسجين الموجود في الغلاف الجوي الحالي يجعل تكرار هذه المرحلة من تطور الحياة مستحيلاً والى الأبد .

لكن وبما أن ، كما أصبح معروفاً اليوم ، جميع الاوكسجين الموجود الآن في الغلاف الجوي الأرضي قد نتج خلال تاريخ الأرض من النباتات الخضراء بواسطة التمثل الضوئي ، فإن الحياة نفسها هي التي قطعت ، فور ما ثبتت أقدامها على الأرض ، خط التطور الذي كان ، من يعلم ، سيسير في اتجاه مختلف تماماً . هكذا وكأن هناك مصححين أو معاكسين جعلوا خط الحياة الذي طغى على الأرض آنذاك غير ممكن . جميع الامكانات البيولوجية الأخرى على الأرض أصبحت منذئذ والى الأبد غير ممكنة . بالتعبير المجازي قام قابيل آنذاك بقتل هابيل لأول مرة .

سبق وقلت ان تفتح الحياة ، أي التطور البيولوجي ، كان مترافقاً ومتشابكاً بصورة واسعة مع تطور الوسط الذي بدأت الحياة تنتشر فيه . لقد أصبحت حقيقة بديهية بالنسبة لعلماء البيولوجيا ان تطور وانتشار الحياة يتطابق مع تكيف الكائنات الحية في كل لحظة وبصورة متتابعة ودقيقة مع الامكانات والضرورات المتعددة للوسط الذي تعيش فيه .

لكن النظرة المقلوبة لهذه المقولة ، على الأقل في المراحل المبكرة من تطور الحياة ، والتي لم تلق قبولاً عاماً حتى الآن ، صحيحة أيضاً وهي : في الحقبة الاولى من التطور تكيف المحيط أيضاً ـ لا نملك طريقة اخرى للتعبير عما حصل ـ بصورة مذهلة مع متطلبات الكائنات الحية الناشئة . إنني لا أعني بذلك فقط التغيرات الواسعة التي سببتها الحياة في هذا الفصل الأول من تاريخها في الوسط الموجود فيه بحيث جعلته على الشكل الذي يفتح أمامها امكانات أفضل للازدهار . هذه مسألة سنتحدث عنها أيضاً .

إن ما أعنيه ، وهو الأهم والأكثر دلالة ، هو ان تطوراً معيناً قد بدأ على سطح الأرض الاولى وبالتأكيد لعدة مئات من ملايين السنين قبل ظهور البنى العضوية الاولى ، التي يمكن تسميتها حية ، وسار في منحى لم يجعل نشوء الحياة ممكناً وحسب بل جعلها حتمية لا مناص منها .

هنا يجب ان نكون على منتهى الحذر في عرض أفكارنا . ما من شيء يتعارض مع قواعد التفكير العلمي أكثر من التفسيرات «الغائية» للأشياء . «الغائية» تعني السير نحو «هدف محدد مسبقاً» . سوف نبتعد عن أرضية الحجة العلمية إذا اعتبرنا أن التغيرات على سطح الأرض الاولى قد حصلت لكي تحقق نشوء الحياة ، أي إذا اعتقدنا أننا نستطيع «تفسير» الحياة بقولنا ان نشوءها كان منذ البدء «هدف» هذه التغيرات .

«تفسير» شيء ما يعني علمياً دائماً إعادة هذا الشيء الى أسبابه واشتقاقه من هذه الأسباب . لكن الأسباب تكون زمنياً دائماً وبدون أن تدري موجودة قبل النتائج التي ترتبت عليها أو نتجت منها . لذلك

فإن لكل سبب نتيجة . لكن ما من قوة في الأرض تستطيع إحداث تأثير ولو من أي نوع كان بين النتيجة والسبب الذي نتجت عنه . إن الطريق يسير دائماً وحصراً من السبب الى النتيجة . في الاتجاه المعاكس لا يوجد أي ترابط . هذا ما تقوله قواعد المنطق . لذلك فإن السبب لا «يعرف» شيئاً عن النتيجة التي سيحصل عليها . ولهذا السبب لا نستطيع أبداً أن «نفسر» حدثاً بالنتيجة التي أدى اليها . إن عظمة علوم الطبيعة وحدودها أيضاً تكمن في أنها مضطرة إلى التعامل بأدوات مصممة وفق هذا المفهوم لتفسير الطبيعة التي وجدت فيها الحياة . إنها اذن طبيعة يجري فيها التطور كعملية متسلسلة صحيحة ومحكمة تنشأ فيها بنى عضوية تزداد تعقيداً وتكتسب باضطراد وظائف على درجة أعلى من الكفاءة وتتنامى استقلاليتها تجاه محيطها اللاحي . هنا نصطدم بتناقض سيشغلنا مراراً في هذا الكتاب .

لكننا قبل ذلك سنضع الظاهرة نفسها أمام أعيننا : كما سبق وقلنا : إن التناقضات الظاهرية لم تأت أبداً لأول مرة مرتبطة بتطور الحياة وازدهارها بل قد حصل قبل ذلك تطور لم يكن التطور البيولوجي ممكناً بدونه . يتضح هذا بصورة خاصة بواسطة ظاهرة سماها العلماء منذ بضع سنين «تطور الغلاف الجوي» . لنر أولاً ما المقصود بذلك ولنحاول بعدئذ استخلاص النتيجة .

يتوجب علينا أن نعود في وصفنا التاريخي من هذا الكتاب الى النقطة التي كنا نتحدث عندها عن مرحلة تطور الأرض المشابهة لحالة كوكب الزهرة اليوم . ما من أحد يعلم كم بقي كوكبنا على تلك الحالة . من الممكن أن تكون مرحلة عابرة وقصيرة نسبياً . يقدر بعض الجيولوجين ومنهم الفرنسيان آندريه كايبو وآ . دوفيليه انها لم تستمر سوى ١٠٠٠٠٠ ولربما فقط ٦٠٠٠٠ عاماً .

بعد ذلك كان تبرد القشرة الأرضية قد تقدم الى درجة أن الماء المتساقط من الجو المشبع ببخار الماء لم يكن يتبخر ثانية فوراً . بل بدأ يتجمع ويشكل المحيطات الاولى . عندما حصل ذلك يجب أن يكون منظر الأرض ، قبل ٤,٥ مليار سنة ، يشبه بخطوطه العريضة الصورة التي يبدو عليها كوكبنا اليوم عند النظر اليه من مسافة بعيدة ، أي يشبه تقريباً الصور التي تبثها لنا عنه الأقمار الصناعية .

كان الجو آنئذ قد أصبح صافياً وشفافاً . كانت توجد غيوم على سماء زرقاء . كان للمحيطات والقارات تقريباً نفس الاتساع الذي لها اليوم . لكن اليابسة كانت موزعة على سطح الأرض بصورة تختلف بالتأكيد عما نراه اليوم على الخرائط المسطحة والكروية ، أي ان التحرك القاري لم يكن قد بدأ بعد . كما ان الحياة لم تكن قد وجدت . كانت اليابسة تتألف بمعظمها من كتل بركانية متبردة وهي صخور عارية من الغرانيت والبازلت . كانت الرياح والأمطار قد بدأت لتوها بأعمال الحت والتفتيت التي حولت سطح الأرض الصخري شيئاً فشيئاً الى غبار ورمل .

أما الغلاف الجوي فكان ، كما برهنا ، يفتقد الاوكسجين . لكن هذا لم يكن أساسياً ، كما سبق وأوضحنا أيضاً ، بالنسبة لقدرة المتكونات العضوية الاولى على الحياة وحسب بل كان ، على الأرجح ، السبب الذي جعل نشوءها ممكناً على الاطلاق ، لأن الاوكسجين هو أكثر المصافي الجوية فعالية لحجب الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس .

تعتبر هذه الأشعة ، ذات الموجات الأقصر من موجات الضوء المرئي ، غنية بالطاقة بصورة

خاصة . ولو لم تكن لتحجب اليوم بقسمها الأعظم عن سطح الأرض بواسطة الغلاف الجوي الذي يحتوي الأوكسجين لما تمكنا من العيش هنا . إن القسم الصغير منها الذي يخترق الغلاف الجوي هو الذي يسبب لنا ، كما هو معروف ، الحرقة الشمسية المؤلمة التي تصيبنا عند التعرض لأشعة الشمس . إن الخبرة المعروفة منذ القديم بأن خطر احتراق الجلد يزداد في المرتفعات الجبلية تؤيد أهمية الغلاف الجوي كمصفاة للأشعة فوق البنفسجية .

فيما يتعلق بالمرحلة التمهيدية للحياة تنطبق على الأشعة فوق البنفسجية التي يمنعها الاوكسجين من العبور ، نفس القاعدة التي تنطبق على الاوكسجين . تعتبر الأشعة فوق البنفسجية بالنسبة لجميع الكائنات الحية خطيرة الى درجة أنها تستعمل في غرف العمليات وفي المخابر الميكروبيولوجية للتعقيم أي لقتل الكائنات العضوية البكتيرية الدقيقة . على العكس من ذلك فقد كان هذا الجزء بالذات من الأشعة الشمسية ضرورياً في العصور الأرضية الاولى ، إذ أنه كان المصدر الوحيد الذي يستطيع مد الروابط اللاعضوية الموجودة في الغلاف الجوي بالطاقة اللازمة لتلتحم مشكِّلة تلك الجزيئات الكبرى التي شكلت لاحقاً المادة الأولية للكائنات الحية .

بقول مختصر : كانت الأشعة فوق البنفسجية كمصدر للطاقة ضرورية لتشكل العناصر العضوية الاولى للحياة . لكن في اللحظة التي تشكلت فيها هذه العناصر توجب حجب الأشعة فوق البنفسجية عنها وإلا أدت الى تفكيكها ثانية فوراً . هذا مثال آخر يبين بوضوح كم كانت الظروف ضيقة ومعقدة في هذه المرحلة من التطور قبل نشوء الحياة الاولى على الأرض بزمن طويل .

ستصيبنا الدهشة عندما نتتبع الطريق الذي سلكته المادة الميتة على سطح الأرض الاولى ، لا توجهها أية قوى سوى قوانين الطبيعة لتحقيق جميع الشروط اللازمة لنشوء المكونات الأولية للبنى الحية . لنر كيف حصل ذلك !

كانت الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس تصل بدون عوائق تقريباً الى سطح الأرض وبالتالي الى سطح المحيطات الاولى . أدت هذه الحالة فوراً الى نتيجة مزدوجة . كانت جزيئات الميتان وغاز الفحم والآمونياك ، بالاضافة الى بعض الروابط الاخرى ، التي تحتوي عناصر الفحم والأزوت والاوكسجين والموجودة في الغلاف الجوي قد تواجدت أيضاً وبصورة مركزة الى حد ما في جميع المياه الراكدة أي في المحيطات والبحار . وكانت قد وصلت الى هناك بواسطة عمليات الخلط المتواصلة التي تسببها الرياح والأمواج بين طبقات الماء العليا والهواء الجاثم فوقها . كما انه من الممكن أن يكون القسم الأعظم منها قد خُلِّص من الغلاف الجوي بواسطة الأمطار الهائلة التي استمرت آلاف السنين خلال الحقبة الأسبق من تاريخ الأرض .

من المؤكد أن الأشعة فوق البنفسجية قد نفذت الى عمق عدة أمتار في الماء الغني بهذه الجزيئات . لذلك تم تحريض الجزيئات المعنية في طبقة بهذا العمق لتتجمع مشكلة «قطع بناء» أكبر . لكن نفس الأشعة التي سببت نشوء هذه القطع قامت بتفكيكها بعيد نشوئها الى مكوناتها الاولى . بذلك نتجت دورة

متواصلة ومتكررة من الترابط والتفكك يجب أن تكون قد حصلت في الطبقات العليا لجميع المياه المتجمعة .

إن دورة من هذا النوع تعتبر مثالاً مدرسياً للدخول في طريق مغلق . بناء على المعارف العلمية المتوفرة اليوم يوجد سببان جعلا عملية التطور تتمكن من الخروج من هذه الدوامة . الأول هو أن هذه الدورة ، كما ذكرنا ، حصلت فقط بالقرب من سطح الماء أي في طبقة قد يصل عمقها الى عشرة أمتار ولم يتجاوز بأي حال الخمسة عشر متراً . في الأعماق الأكبر لم تعد الأشعة فوق البنفسجية تستطيع التأثير بقوة كبيرة لأن طبقات الماء التي فوقها بدأت تعمل كمصفاة واقية .

بذلك استطاع قسم من الجزيئات الأكبر المتشكلة بتأثير الأشعة فوق البنفسجية أن يحتمي دائماً في تلك الأعماق المائية الأكبر . بتعبير أدق كان يندفع باستمرار قسم منها بتأثير تحركات الماء الهائج الى أعماق لا تصل اليها الأشعة القاتلة مبتعداً عن خطر التفكك . بذلك بدأت هذه الجزيئات الكبيرة ، الهامة جداً بالنسبة لعملية التطور اللاحق ، تتجمع في الأعماق الأمينة لا مبالية بطبيعة الدورة لعملية نشوئها .

في نفس الوقت سببت الأشعة فوق البنفسجية عملية ثانية جعلت هذه الجزيئات لا تبقى منفية في الأعماق الى الأبد . كانت طاقة هذه الأشعة القصيرة الموجة قوية الى درجة أنها تستطيع تفكيك جزيئات الماء نفسها الى مكوناتها الأولية . لذلك يجب أن يكون قد حصل على سطح محيطات وبحار الأرض الأولى ما يسميه العلماء التفكك بالضوء ، أي تفكك الماء بتأثير الضوء : انشطرت الرابطة H_2O الى هيدروجين حر واوكسجين حر .

صعد الهيدروجين المتحرر ، وهو أخف العناصر ، عملياً بدون أية إعاقة نحو الأعلى عبر الغلاف الجوي وضاع أخيراً في الفضاء . أما الاوكسجين فقد بقي في الغلاف الجوي . لكن الاوكسجين ، كما سبق وقلنا ، هو مصفاة شديدة الفعالية ضد نفاذ الأشعة فوق البنفسجية . لذلك لم تستمر هذه العملية من التفكك بالضوء بصورة متواصلة ولم يحصل نوع من الدورة المتكررة وإنما تدخل ما يسمى قانون الكبح العكسي : كبحت العملية نفسها عندما بلغ الاوكسجين في الغلاف الجوي حداً معيناً ، أي الحد الكافي لحجب الأشعة فوق البنفسجية وبالتالي لوقف انتاج الاوكسجين عن طريق تفكك الماء بالضوء .

أدت طبيعة التعيير الذاتي لهذه العملية إلى أن نسبة الاوكسجين الموجودة في الغلاف الجوي قد تحددت بدقة كبيرة على مقدار معين . عند نقطة محددة تماماً يتوقف انتاج الأوكسجين . عندما ينخفض تركيزه تحت هذا المقدار (بواسطة عمليات تأكسد على سطح الأرض تسحب الأوكسجين من الجو) تتراجع فعالية التصفية للأشعة فوق البنفسجية عندئذ تستطيع عملية التفكك الضوئي المتابعة وتبقى مستمرة حتى يعود التركيز الأصلي إلى المستوى الذي كان عليه .

أطلق العلماء على هذا المثال النموذجي للتأثير المتعاكس اسم «مؤثر يوري» تكريماً للعالم الكيميائي الأمريكي هارولد يوري حامل جائزة نوبل والذي اكتشف هذه الخطوة الحاسمة في تطور الغلاف الجوي الأرضي .

قد يكون مفيداً عند هذه النقطة ان نشير باختصار إلى الطريقة التي تتم فيها اليوم دراسة هذه العمليات التي حصلت في الغلاف الجوي للأرض قبل اربع مليارات سنة أو أكثر . على الرغم من خفة هذا الوسط فقد خلف التطور آثاراً عنه تظهر قبل كل شيء على الصخور التي كانت آنذاك على سطح الأرض وحفظت كرواسب في أعماقها . لقد سبق وذكرنا كيف تم التمكن بمساعدتها من اكتشاف الحقيقة التي لم تكن متوقعة على الاطلاق بأن الغلاف الجوي لم يكن يحتوي في الأصل على الأوكسجين . يمكن استخلاص نتائج أخرى بصورة غير مباشرة من مجرى التطور البيولوجي الذي تبع ذلك مباشرة (الزمن محسوب هنا طبعاً بالمراحل الجيولوجية) . انها ، كما سيتضح عند عرضها ، مترابطة مع تطور الغلاف الجوي بما يجعل استخلاص بعض تركيباتها من بعض خصائصه ممكناً .

كل ما يتجاوز ذلك من اكتشافات واستنتاجات ، ومنها أيضاً اكتشاف مؤثر يوري ، هو نتيجة لاشتقاقات نظرية . لذلك قد تكون الافكار التي كونها العلماء عن تلك الاحداث المغرقة في القدم (التي أحاول سردها باختصار) غير دقيقة أو خاطئة في بعض الجزئيات . غير ان الخطأ ان وجد لن يشمل فعلاً إلا الجزئيات التي لا تمس المجرى الأساسي لتطور الأحداث . يوجد لدينا اليوم عدد من الآثار الملموسة التي تقدم لنا ارقاماً ومعطيات متينة نستطيع الانطلاق منها . كما اننا اخيراً نعرف نواتج عملية التطور هذه .

المطلوب اذن هو إعادة تصميم خط التطور الذي يربط بين ما نعرفه تأكيداً عن الماضي وبين الحاضر والذي يتبع في كل مسيرته قوانين الطبيعة . لا شك ان هذا عسير ومجهد لكن مجالات حصول اخطاء جذريه في كل ما تحقق حتى الآن لم تكن كبيرة . ان التشعبات والتفرعات المتعددة لعملية التطور كانت منذ البدء كثيرة التعقيد وشديدة التداخل مما يجعل متابعة مسيرتها لا تتيح كثيراً من التفسيرات المختلفة . لذلك عندما يتمكن العلم بعد جهود طويلة ومضنية من ايجاد تفسير لمقطع ما ينسجم مع تفسيرات المقاطع الأخرى يصبح اعتبار هذا التفسير على انه صائب مبرراً .

أما الآن فلنعد إلى «تطور الغلاف الجوي» . كان مؤثر يوري اذن هو الذي أوقف تأثيرات الاشعة فوق البنفسجية على سطح الأرض . ابتداء من هذه اللحظة اصبحت الجزيئات الأكبر المتشكلة في الماء ، وقبل تفككها ثانية ، في مأمن . أي أن مرحلة العملية الدورية المستمرة من التشكل والتفكك كانت قد انقضت . كيف سارت الأمور بعدئذ ؟

كانت الخطوة التالية ، التي نتجت ببساطة عن الوضع الحالي بناء على خصائص «المواد الأولية» المتوفرة وردود فعلها تبعاً للقوانين الطبيعية ، مذهلة تنحبس لها الانفاس لدرجة انها تجبرنا على اتخاذ موقف فلسفي منها يتجاوز مسألة الفهم العلمي .

حاول عالما الفيزياء الجيولوجية لويد بيركنر ولاوريستون مارشال من جامعة دالاس ، تكساس ، قبل عدة سنوات ترجمة آلية مؤثر يوري إلى أرقام ملموسة ومحددة . كان يوري نفسه قد اكتفى بالبرهنة على أنه وبناء على الشروط القائمة يجب ان تحصل حتماً آلية كابحة من التأثير المعاكس . كان واضحاً ايضاً بالنسبة ليوري وزملائه ان كمية الأوكسجين في الغلاف الجوي قد استقرت على مقدار محدد بدقة بواسطة

آلية التعيير الذاتي . غير أن مقدار هذا المقدار ، أي تحديده برقم وبنسبة ، لم يكن معروفاً وبدت معرفته لهم على أنها ليست ذات اهمية حاسمة .

كان بيركنر ومارشال هما أول من تنطح لمهمة حساب هذا المقدار المعقّد بمساعدة الحواسب الالكترونية . حتى هما أنفسهما لم يتوقعا ولم يبتغيا من معرفة هذا الرقم أية نتائج مثيرة . كانا يريدان معرفته وحسب . لكن هذين العالمين أصبحا بعدئذ مؤسسي نظرية تطور الغلاف الجوي بالشكل الذي سنعرضه هنا والذي أصبح اليوم معتمداً من أغلب العلماء وقد قدم هذا الرقم مساعدة كبيرة لتطوير هذه النظرية الشاملة . لقد شكل نقطة انطلاق متينة للتأملات اللاحقة وكان ذا أهمية عظمى لتدقيق وفحص التماسك الداخلي للمبنى الفكري بكامله .

بينت الحسابات أن مؤثر يوري قد ثبّت تركيز الاوكسجين في الغلاف الجوي الأول عند النسبة ١ , . بالمائة ، أي واحد على ألف مما هو عليه اليوم . أن تكون هذه النسبة صغيرة كل هذا المقدار ، لم يدهش أحداً ، لأن تفكك الماء بالضوء ليس مصدراً غزيراً للاوكسجين . علاوة على ذلك فإن الاوكسجين يعمل كمصفاة فعالة للأشعة فوق البنفسجية بحيث يكفي تركيز ضعيف له في الجو لوقف عملية انتاجه . كما أن الرقم بحد ذاته لم يبـد في البداية ذا شأن كبير . لكن المفاجأة حصلت عندما بدأ العالمان بمساعدة هذا الرقم بحساب البروفيل الموجوي للمصفاة الجوية الحاصلة أي بحساب المجالات فوق البنفسجية التي لا تسمح لها هذه المصفاة بالنفاذ .

يقصد بذلك ما يلي : إن الضوء فوق البنفسجي لا يتكون من طول موجي وحيد بل من عدة أطوال تشكل شريطاً كاملاً عريضاً نسبياً من الذبذبات . يقاس طول الموجة الضوئية علمياً بوحدة قياس تسمى آنغستروم . يعادل آنغستروم واحد :١٠/٪ مليون من الميليمتر . لا يشكل المجال المرئي من الضوء في كامل الحقل الطيفي للأشعة الكهرطيسية سوى مجـال ضيـق جداً نسبياً . إننا لا نرى سوى الذبذبات الكهرطيسية التي لا يقل طولها عن ٤٠٠٠ آنغستروم (هذا الطول الموجي نراه بنفسجياً) . أما أطول الموجات التي تتحسسها أعيننا فلا تصل الى ضعف ذلك ، تبلغ حوالي ٧٠٠٠ آنغستروم ونراها حمراء داكنة .

يبدأ الضوء فوق البنفسجي القصير الموجة والغني بالطاقة والذي لا تراه أعيننا مباشرة بعد الذبذبات التي نراها بنفسجية (ومن هنا جاء الاسم)* ويمتد من هنا عبر شريط عريض حتى الطول الذي يبلغ ١٠٠ آنغستروم فقط . تأتي بعد ذلك أشعة رونتجن ذات الموجات الأقصر .

---

* لقد استخدمنا في ترجمتنا كلمة «فوق» البنفسجية وهي التسمية الشائعة في اللغة العربية . كما تسمى في اللغة العربية الأشعة التي يزيد طول موجتها عن ٧٠٠٠ آنغستروم «تحت» الحمراء . كما هو واضح كلا التسميتين غير موفق أو لنقل مقلوب ، والأصح هو أن نقول «تحت البنفسجية» و«فوق الحمراء» ، أو نقول كما يقول الاوروبيون «خلف» أو «بعد» البنفسجية و«خلف» أو «بعد» الحمراء إذ انهم يستعملون كلمة «اولترا» اللاتينية وهي تعني «خلف» أو «بعد» أو «على الجانب الآخر من» .
المترجم

إن الضوء فوق البنفسجي هو إذن ليس شكلاً واحداً متجانساً من أشكال الطاقة . يستطيع النحل مثلاً تمييز هذه المجالات المختلفة . لذلك يجب أن نفترض أن هذه الحيوانات تستطيع إدراك اختلاف الذبذبات المختلفة الواقعة في الحقل الطيفي فوق البنفسجي بطريقة تطابق ادراكنا للألوان . غير أن للضوء فوق البنفسجي ذي الذبذبات المختلفة تأثيرات مختلفة على الجزيئات المختلفة . تتحرض مثلاً عملية تفكك الماء بالضوء بأشعة فوق بنفسجية ذات طول مختلف تماماً عن تلك التي تفكك جزيئات البروتين أو أية رابطة كيميائية معينة اخرى . بتعبير آخر ، تتعلق النتائج الكيميائية المترتبة على تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية بطول الموجة المسيطرة (أي التي كميتها أكبر) في الحزمات الاشعاعية المعنية .

على هذا الأساس يتضح فوراً لماذا اهتم بيركنر ومارشال كل هذا الاهتمام لايجاد المدى الذي حجب فيه الغلاف الجوي ، المتغير بمفعول مؤثر يوري ، الضوء فوق البنفسجي القادم من الشمس بمختلف مجالاته الموجية (هذا هو ما يعنيه «البروفيل الموجوي» لمصفاة ما) ، لأنهما عندما يعرفان ذلك يتقدمان فوراً خطوة حاسمة في بناء نظريتهما . سيكونان قد عرفا عندئذ أية جزيئات من تلك التي تجمعت في البحار الاولى وفي الجو قد تهددت أكثر من الموجات فوق البنفسجية التي كانت لم تزل تتمكن من النفاذ وإن كان بكميات جد قليلة . كما أن الحالة المعاكسة لا تقل أهمية وهي التعرف على الموجات فوق البنفسجية التي حُجبت أكثر من غيرها لأن هذا سيؤدي فوراً الى معرفة الروابط الكيميائية التي كان لها ضمن الشروط السائدة في هذه المرحلة أفضل الفرص لـ «التكاثر» ، أي للاغتناء كيمائياً لسبب بسيط هو انها حصلت على حماية أكثر فعالية .

نستطيع أن نعتقد لاحقاً أن دقات قلبي الباحثين الامريكيين قد تسارعت عندما قذف لهما حاسبهما أخيراً بالنتيجة . أشارت النتيجة الى أن نسبة الاوكسجين المنتج الزامياً وآلياً بمفعول مؤثر يوري بلغت في الجو ١ , . بالمائة مما هي عليه اليوم وانها شكلت مع الشروط الجوية الأخرى السائدة آنذاك مصفاة للأشعة فوق البنفسجية تؤمن أقوى وأفضل حماية ضد الموجات الموجودة في المجال بين ٢٦٠٠ و٢٨٠٠ آنغستروم . بذلك لم يعد هذا المقدار لا محدوداً . إنها أرقام يعرفها أي متخصص في الكيمياء العضوية أو الحيوية . إنه بالضبط المجال الذي تكون فيه : البروتينات والحموض النووية (التي تخزن في نواة الخلية مخطط بناء الكائن الحي ، «الشيفرة الوراثية») على أكبر قدر من التحسس بالأشعة .

علينا أن نتبين أولاً ماذا يعني ذلك . تقع النقطة من تاريخ الأرض التي وصلنا اليها الآن ما ينوف عن مليار سنة بعد تشكل الأرض وتماسكها بشكل قريب من شكلها الحالي . تكونت الأرض من مواد جاءت من أعماق الكون . كانت هذه المواد عبارة عن خليطة من الروابط اللاعضوية البسيطة التي كانت تحتوي بدورها جميع العناصر الموجودة اليوم على سطح الأرض . كانت هذه العناصر نفسها قد انبثقت بدورها عن العنصر البدئي ، الهيدروجين ، أول وأخف العناصر . إننا ننسب اليه دور المادة البدئية لأنه كان ، حسب كل معارفنا الحالية ، العنصر الاول والوحيد الذي انطلق عن البدء ، عن الانفجار الكوني الأول . لقد بدأ كل شيء بالهيدروجين ، بغيمة هائلة من الهيدروجين ، الذي تجمع بتأثير ثقله في نجوم الجيل الأول . في مركز شموس هذا الجيل الأول من النجوم الذي اندثر منذ زمن طويل نشأت خطوة

خطوة خلال أحقاب زمنية طويلة جميع العناصر الأثقل عن طريق الاتحاد الذري لنوى الذرات الأخف . جاءت بعد ذلك الكوارث العظمى حيث تحطم فيها جزء من النجوم القديمة في انفجارات جديدة هائلة مما أدى الى تطاير هذه العناصر على هيئة غبار ناعم في أرجاء الفضاء الخالي .

مرت بعد الانفجار الكوني الاول (البيغ بانغ) عشرة مليارات سنة حتى تشكلت أخيراً من هذا الغبار شمسنا مع كواكبها بما في ذلك أرضنا التي وصلنا على سطحها الى درجة من التطور تعطينا القدرة على عصر أدمغتنا لتكوين الأفكار عما حصل ولهز رؤوسنا تعجباً من كل ما حصل . بعد نشوء الأرض أصبحت فوراً شروط التطور اللاحق أكثر تخصصاً وأقل اتساعاً . أصبح لدينا الآن جرم سماوي ذو كتلة محددة حصل بواسطتها على جاذبية معينة ضغطت الغلاف الغازي المحيط بسطح الأرض الى بعضه البعض بضغط محدد تماماً . كما أن بعده الثابت عن الشمس وحقل الشمس الكهرطيسي وحجمها وانتاجها للطاقة ، كل ذلك أدى الى شروط اشعاعية وحرارية شديدة الخصوصية على الكوكب الجديد . كان التركيب الكيميائي للغلاف الجوي ، الذي نفخته براكين قشرتها المتبردة ، حاسماً أيضاً : مقادير معينة من بخار الماء ومقادير معينة من غاز الفحم وكميات محددة من الميتان ومن الآمونياك .

جميع هذه المقادير كانت ثابتة . كانت نتائج حتمية للتاريخ الطويل الذي كان قد مر حتى ذاك الوقت . كان عدد كبير من الصدف التي لا نستطيع حصرها الآن هو الذي حدد في تلك اللحظة لكل غاز من هذه الغازات المقدار الذي هو عليه وليس مقداراً آخر . كل هذا حصل ذاتياً لا يوجهه أي موجه سوى القوانين الطبيعية والخواص الفيزيائية والكيميائية الناتجة عن التركيب الذي للمواد المشاركة .

والآن قامت جميع هذه السلاسل المتداخلة من الحوادث ، التي صنعتها المادة الميتة اللاواعية بتوجيه من الصدفة وقوانين الطبيعة ، بإدخال مؤثر يوري في الغلاف الجوي البدئي للأرض . وهكذا حصل فجأة أن جميع هذه الشروط الكثيرة والصدف والمؤثرات قد تضافرت لتعطي الرقم : ١,. بالمائة من الاوكسجين (بالمقارنة مع نسبته الحالية) لا أكثر ولا أقل . إنه رقم يعني ، بالتضافر مع تأثيرات مميزة ومفضلة لدى أهم قطعتي بناء الحياة اللاحقة وهما : البروتين (الآحين) والحموض النووية . من المهم أن لا ننسى أن هذين الحجرين ، أو المركبين البيولوجيين ، اللذين لا غنى للحياة عنهما ، لم يكونا قد وجدا بعد على الاطلاق في هذه اللحظة من تاريخ الأرض . لم تكن حتى أسلافهما قد وُجدت بعد .

لا نستطيع أن نفهم المرحلة الموصوفة هنا من تاريخ التطور بمعناها الكامل على الاطلاق إلا إذا وضعنا أمام أعيننا أن هذين المركبين العضويين ، البروتين والحموض النووية ، لم يكن لهما حتى هذه اللحظة أدنى فرصة للتشكل بكميات كافية . إن تركيبهما معقد وبنيتهما متميزة لدرجة أن تشكلهما بالصدفة ضعيف الاحتمال برقم فلكي . إنه عملياً غير ممكن .

لدينا هنا مثال ملموس على اللامعقولية التي تواجه علماء الطبيعة باستمرار عند اجراء بحوثهم حول العمليات التي سبقت نشوء الحياة . إنه في نفس الوقت مثال لواحد من الاعتراضات النموذجية المتكررة التي يطلقها جميع اولئك الذين يرفضون سلفاً البحث عن امكانات تفسير علمي طبيعي لنشوء الحياة . لا شك أن دوافعهم مختلفة ومتعددة . غير أن أغلبها ناتج عن حكم مسبق ، سببه تقليد قديم ، يقول ان

امكانية ايجاد تفسير علمي سببي للحياة والانسان تتعارض تماماً مع فكرة «الروح» بالمعنى الديني وفوق ذلك أيضاً مع امكانية وجود الإله وبالتالي مع مفهوم التدين .

إنه لغريب أن يوجد كثير من الناس الذين يرفضون ، انطلاقاً من هذا الخوف اللاواعي (يذكرون غالباً أسباباً اخرى للتغطية) ، التعامل مع الحقائق والأفكار التي لا تناسبهم متهمينها سلفاً وبمرارة على أنها «عديمة الروح» أو أنها «غير صالحة» أو أنها تنطوي على «نزعات مادية» أو ما شابه . لقد استطعت في عدد لا حصر له من المناسبات أن أتأكد أن الناس الذين رفضوا مثلاً الداروينية متذرعين بالحجج المذكورة أعلاه لم يكونوا يعرفون ما فيه الكفاية عن الشيء الذي يهاجمونه لكي يتمكنوا من إطلاق حكم خاص عليه . كان يتبين في كل حالة من الحالات أنهم يتمسكون بحكم مسبق ثم يكررونه دون أن يقدموا تعليلاً خاصاً بهم .

مهما كانت التخوّفات المشار اليها مشروعة ومفهومة فإن رد الفعل يبقى غريباً . إننا لا نستطيع إلا أن نبدي استغرابنا من أن هؤلاء الناس لا يطرحون على أنفسهم السؤال عما يمكن أن تكون قيمة السر أو «الأعجوبة» التي لا تبقى أعجوبة إلا بمقدار ما يرفضون محاولة تفهم أو فهم تفسيرها الطبيعي . كما أن ما يثير عجباً أكبر هو البداهة التي يبدأ معها كثير من الناس بالنظر الى الظاهرة الطبيعية التي نجح العلم في تفسيرها على أنها لم تعد تدعو الى الاندهاش أو التعجب .

أليس وحده هذا المزيج الهائل من العلاقات المتبادلة والمتشابكة وهذا العدد اللاحصر له من الظواهر الطبيعية ، التي ما كنا ، لولا الجهود المضنية لعلمائنا على مدى مئات السنين ، قد عرفنا عنها شيئاً حتى اليوم ، مصدراً دائماً للاندهاش والتعجب ؟ المقاييس الهائلة للكون وقوانين نشوء وتطور النجوم ، بنية الذرة والعلاقة الغامضة بين المادة والطاقة ، العمليات الجارية في نواة الخلية حيث يخزن مخطط بناء الكائن الحي ، العمليات الكهربائية التي تجري في أدمغتنا ـ كل هذه وغيرها من الأمثلة، التي لا تنضب عن الظواهر الطبيعية التي تدعو الى التعجب ، أصبحت معروفة لدينا كنتيجة وبفضل البحوث العلمية .

بنفس الحدة يتهافت هؤلاء الخصوم الايديولوجيون لعلوم الطبيعة على كل حجة تبدو على أنها تبرهن على أن ظاهرة ما غير قابلة للتفسير علمياً . إن عدم امكانية نشوء البنى الحية بمحض الصدفة أصبح اليوم عند المستوى الحالي للعلوم حيوياً ومحبباً . حقيقة لا يمكن تفسير نشوء جزيئة واحدة من جزيئات البروتين ، بكل ما لها من وظائف بيولوجية ومن تركيب شديد التخصص والتميز ، عن طريق التقاء الذرات المنفردة الكثيرة التي تتألف منها صدفة ، وأن تلتقي فوق ذلك جميعها صدفة بالتسلسل الصحيح وباللحظة الصحيحة وفي الموقع الصحيح وبالمواصفات الكهربائية والميكانيكية الصحيحة .

لكن ، كما سبق ورأينا ، ألغى العدد الكبير للصدف في آخر المطاف التأثير المتتابع الأعمى للصدفة عند نقطة معينة . على الرغم من عدم كمال ووقتية المستوى الحالي لفهمنا العلمي حول مسيرة التاريخ ، الذي أحاول سرده هنا ، نكتشف عند هذه النقطة من تاريخ التطور تركيباً يعطينا بسرعة البرق فكرة عن الكيفية التي حلت بها الطبيعة ، التناقض الكبير القائم على التوفيق بين الصدفة والتطور : بالطريقة التي

وصفناها سابقاً نشأت على سطح الأرض قبل حوالي ٤ مليارات سنة حالة هيأت الظروف بطريقة منحازة لنشوء ، تحديداً ، أهم مركّبي الحياة وحرضت بذلك تكاثرهما على سطح الأرض .

ماذا يتوجب علينا أن نستخلص من هذه النتيجة المفاجئة لتطور الأحداث السابقة ؟ ما هو تفسيرها ؟ إنني أعتقد أنه يوجد مبدئياً ثلاثة امكانات مختلفة للتفسير لا تتعارض مع ما خبرناه علمياً حتى الآن عن هذا العالم . يبقى الباب مفتوحاً أمام كل شخص لأن يؤيد هذا التفسير أو ذاك حسب ما يراه معقولاً . سأعرض الامكانات الثلاثة تباعاً باختصار وسأحاول أن أكون موضوعياً قدر الامكان غير أنني أود أن أشير منذ الآن الى انني شخصياً أفضل أحدها وسأعلل ذلك بعد الانتهاء من العرض .

تكمن الامكانية الاولى في الاكتفاء باعتبار أن كل ما حصل حتى الآن قد حصل بمحض الصدفة . مهما كان مركب العلاقات ، الذي أدى الى نشوء البروتين والحموض النووية ، غير محتمل الحصول صدفة فإن الكون هائل الكبر لدرجة انه لا يمكن نفي هذه الامكانية ببرهان قاطع . إن عدد الكواكب في الفضاء الكوني كبير لدرجة أن هذه الصدفة يمكن أن تكون قد حصلت مرة واحدة في مكان ما من الكون خلال مليارات السنين من عمره . مهما كانت الاحتمالات الاحصائية ضد هذه الفرضة فإن حدثاً وحيداً لا يمكن نفيه مبدئياً عن طريق الاحصاء .

إذا كانت الأمور كذلك تصبح النتائج واضحة . في هذه الحالة تكون الأرض بالتأكيد (باحتمال قريب من المؤكد) الجرم السماوي الوحيد المأهول ضمن كل مليارات المجرات ، بما في كل منها من مئات المليارات من الشموس ، الموجودة في الكون ، لأن نشوء البروتين والحموض النووية بالصدفة سيكون ضعيف الاحتمال لدرجة يصعب معها تكراره مرة ثانية في كامل الكون مهما كان كبيراً . هذا الاستنتاج يتبناه العلماء أحياناً . قد يدفعنا هذا التصور الى الشعور بالوحدة والعزلة في أعماق الكون الهائلة والى الإحساس بالقشعريرة والخوف ، لكن هذا لن يكون اعتراضاً ذا قيمة لأن الطبيعة لا تسير وفق رغباتنا .

أما التفسير الثاني فيكمن في أن تاريخ نشوء الأرض بجميع جزيئاته قد سار بالتحديد في الطريق ، الذي أدى بالضرورة الى نشوء المركبات المعقدة اللازمة لتشكل العضوية الحية ، بتأثير تدخل مباشر لقوة فوق طبيعية . نستطيع في مجال هذا التفسير ان ننطلق من أن التحضير المدهش للشروط السائدة على سطح الأرض ، والذي جعلها تلبي جميع احتياجات الحياة الناتجة لاحقاً ، قد حصل لأن خالقاً قديراً يقف خارج الطبيعة كان يريد منذ البدء أن تنشأ الحياة على الأرض . ما من أحد ، وحتى ولا أي عالم ، يستطيع أن ينفي أن للإله القدرة على توجيه التطور في المجرى الذي يناسب إرادته .

مهما كان هذان التفسيران مختلفين فإنهما رغم ذلك ينطلقان من قاعدة مشتركة . كلاهما ينطلق من الافتراض أن المركبات ، التي هيأ مؤثر يوري ونتائجه نشوءها ضمن الشروط السائدة على الأرض الاولى ، هي قطع البناء الوحيدة التي تمكنت الحياة بمساعدتها لاحقاً من تثبيت أقدامها على الأرض . إن المشكلة ، أي كامل لا معقولية نقطة انعطاف تاريخ الارض ، التي نتحدث عنها هنا ، قد حصلت لسبب واحد وحيد هو أننا قد افترضنا حتى الآن ان الحياة بدون المركبين الأساسيين ، البروتين والحموض

النووية ، غير ممكنة . لهذا السبب فقط يصبح بالنسبة لنا مذهلاً أن التطور بكل ما فيه من امكانات واحتمالات قد سلك بالتحديد وبالضبط الطريق الذي أدى الى نشوء هذين المركبين وليس الى نشوء غيرهما من الامكانات والاحتمالات اللامحدودة من التركيبات الذرية الأخرى .

غير أن الحياة التي لا يتألف تركيبها من البروتين والتي لا تستخدم في تكاثرها روابط الحموض النووية ، التي تنقل مخطط بناء البنية الحية عبر الأجيال ، غير معروفة بالنسبة لنا ولا نستطيع تصورها . لكن ما هي أهمية هذا الاعتراض ؟ ألا يصلح مثالاً مدرسياً لتفسير الحالة بطريقة مغرورة وذاتية ؟ في اللحظة التي نجيب فيها على هذا السؤال الأخير بنعم يتضح لنا أنه يوجد تفسير ثالث .

قد لا تكون الحالة المتميزة من تاريخ الأرض ، التي نتجت عن مؤثر يوري ، غير محتملة و«هادفة» بالقدر الذي افترضناه حتى الآن ؟ في اللحظة التي نتحرر فيها من نظرتنا الأحادية المبنية على مركزية الانسان تتلاشى جميع المشاكل والتناقضات . في اللحظة التي نتخلص فيها من موقفنا «الأرضي» ، الذي يعلمنا أن الحياة ليست ممكنة إلا عندما تتوفر البروتينات والحموض النووية كمواد أولية لا غنى عنها ، تنفتح عقولنا فجأة على تفسير بسيط جداً تترتب عليه نتائج بالغة الأهمية .

لا نحتاج في هذا التفسير لا الى تدخل فوق طبيعي «موجِّه» ولا الى افتراض الصدفة غير المرْضي الذي وإن كان نقضه ببرهان قاطع غير ممكن فإن احتماله يكاد يكون معدوماً . يقوم هذا التفسير على الافتراض بكل بساطة ان كل شيء ، بما في ذلك هذه الحالة ، قد حصل بالطريق الطبيعي : عندما مكَّن التطور على الأرض قبل ٤ مليارات سنة من نشوء حالة هيأت أفضل الشروط المناسبة لتشكل البروتينات والحموض النواتية ، نشأ هذان المركبان في مجرى التطور اللاحق بكميات كبيرة . وعندما تطورت الحياة على الأرض في وقت لاحق فقد اعتمدت على هذين المركبين لسبب وحيد هو أنهما كانا النوعين الوحيدين من الجزيئات المعقدة ، وبالتالي القادرة على التحول ، والمتوفرة بكميات كافية .

بناء على ذلك يزول كل ما يبدو متناقضاً أو غير قابل للتفسير فور ما وضعنا افتراضاً اضافياً واحداً بأن الحياة كانت ستتخذ أيضاً نفس الخطوات التطورية مع سلسلة كاملة من الجزيئات الاخرى (المعقدة بما فيه الكفاية والقادرة على التحول) . صحيح أن هذا الافتراض يخرج عما تعودت عليه تصوراتنا لكنه أكثر معقولية وأقل قسرية من الافتراضين اللذين اضطررنا الى وضعهما في التفسيرين الآخرين .

عندما ننظر الى المشكلة من هذا الجانب تزول ضرورة البحث عن تفسير لماذا سار التطور على سطح الأرض الاولى في المسار الذي أدى بالضبط الى نشوء مركبي الحياة الأساسيين ، البروتين والحموض النووية ، اللذين «لا غنى عنهما» . لقد سبق وأوضحنا كيف أنتجت عملية التطور هذين المركبين ولم يكن في ما شرحناه شيء من الغموض أو التناقض . غير أن الحياة استخدمت في بنائها هذين المركبين لأن ما عداهما لم يكن متوفراً .

تظهر النتيجة الهامة لهذا التفسير المرضي والمفهوم عندما نعكس الاستنتاج الذي توصلنا اليه . إنها تقول ، ان الأرض لم تكتسِ بالحياة لأنها الموقع الوحيد في الفضاء الكوني الذي توفرت فيه ، كنتيجة

لسلسلة من الصدف غير المحتملة ، شروط فريدة شديدة الخصوصية مشكلة بذلك «وسطاً صالحاً للحياة» . بل إن الحياة وجدت على الأرض لأن لظاهرة «الحياة» قدرة شمولية على التحقق بحيث أن التطور البيولوجي استطاع أن يسير في مجراه ضمن الظروف المتطرفة والفريدة التي كانت سائدة على الأرض حيث كان يتوفر كقاعدة للانطلاق جزيئان مناسبان هما البروتين والحموض النووية .

قبل أن أترك هذه النقطة نهائياً يتوجب عليَّ أن أعلل لماذا يعتبر التفسير الثالث من وجهة نظر عالم الطبيعة أكثر معقولية وأكثر قبولاً من التفسير الثاني . كنتيجة لانحياز وأحادية مثلنا التربوية ، التي استمرت منذ قرون والتي سببتها جملة من الصدف التاريخية الروحية ، يتواجد مجتمعنا اليوم في حالة من الوعي تجعل من يتحرك في المنطقة الحدية الفاصلة بين علم الطبيعة وفلسفة الطبيعة يخشى سوء الفهم ولذلك يحدد مكان قدميه بحذر بالغ .

لهذا السبب يتوجب أن نحدد هنا ما هو بديهي : إن التفسير الثالث لا يعتبر من وجهة نظر عالم الطبيعة مفضلاً على التفسير الثاني بأي حال لأنه يتيح له الغاء فكرة وجود إله خالق للكون . من الطبيعي أنه يوجد كثير من علماء الطبيعة الذين لا يعتقدون بوجود إله لكن سيكون من الصعب البرهنة على أن عددهم أكبر من عدد الملحدين بين علماء اللغة القدامى أو غيرهم في العلوم الأخرى .

إن التفسير الثالث مقبول علمياً لسبب بسيط هو أنه لا يحوي في كامل بنائه عوامل فوق طبيعية (ولذلك غير قابلة للبرهنة) . إن علوم الطبيعة من أساسها ما هي إلا محاولة لمعرفة المدى الذي نستطيع أن نصل اليه في فهمنا للعالم والطبيعة عندما لا ندخل في اعتبارنا سوى الأحداث والمؤثرات الملموسة والموضوعية والقابلة للقياس .

لكننا بذلك لا نكون ـ وحتى من وجهة نظر عالم الطبيعة ـ قد قلنا شيئاً عما إذا كان يوجد خلف هذه الأحداث والمؤثرات ، ربما في الواقع الكائن وراء الطبيعة ، إله يجعل الظواهر الطبيعية ممكنة ويضع القوانين التي نراها تسير بموجبها .

هناك سبب ثالث لتأييد التفسير الثالث . عندما يعتقد المرء بوجود خالق قادر على كل شيء عليه أن لا ينطلق من أن هذا الخالق مضطر الى «التلاعب» بين وقت وآخر . بتعبير آخر : يبدو لي ان الاعتقاد بخالق مطلق القدرة لا يتفق مع الاعتقاد بأن الخليقة ناقصة لدرجة أنها تحتاج باستمرار الى تدخل خارجي كي تتمكن من متابعة مسيرتها . ما من أحد يستطيع اليوم أن يشك في أن النجوم والأرض والذرات قد نشأت وفقاً لقوانين عاقلة من خلال عملية تطور طبيعية . ألا يتوجب أن يبدو من وجهة نظر المتدين كخلل في التصميم عندما لا تتمكن الخليقة في هذه المرحلة من تطورها من متابعة مسيرتها بدون دفعة جديدة «من الخارج» ؟ .

نميل دائماً الى اعتبار الطبيعة اللاحية واللاعضوية أبسط وأيسر على الفهم وأقل غموضاً من المجال العضوي الحي فيها . بالنسبة لنظرتنا الساذجة يبدو العالم دائماً كمسرح تمثل عليه البشرية ، محاطة بكل ما على الأرض من الكائنات الحية الأخرى ، مسرحية تاريخها . من يستطيع في هذه الحالة أن يعترض على

كون المسرح أقل أهمية من الممثلين ؟ من يستطيع أن يشك في أن آلية الكواليس أبسط وأيسر على الفهم من الحياة الروحية لأولئك الذين تشكل أفعالهم موضوع المشاهد المسرحية ؟

لكن الصورة خاطئة . أنها تعبر عن حقيقة موقعنا في الطبيعة بطريقة معكوسة . كلما غاص العلم الى مسافات أبعد في أعماق الطبيعة توضح أكثر كم هو رديء التشبيه مع المسرح والممثلين . كلما ازدادت معارفنا عن الطبيعة اكتسبنا درساً جديداً أن ما نعتبره مسرحاً سلبياً لا يقل في بنيته ووظائفه تعقيداً وتنظيماً عنا أنفسنا .

إن خواص أصغر الأجزاء المادية والقوانين التي تطورت بواسطتها مشكلة كل ما في هذا الكون ، بما في ذلك أجسامنا البشرية ، لهي على نفس الدرجة من الغموض والتعقيد كتركيب الخلية الحية .

ليس هذا وحسب . علينا من منظار آخر أيضاً أن نتعود على منظور جديد ، على توزيع آخر للموازين . كما سبق وذكرنا في مطلع هذا الكتاب فإن أحد دوافع تأليفه هو الرأي بأن القرارات المتعلقة بالأشكال الخصوصية لما هو حي حول كثير من الأمور التي كانت تبدو لنا على أنها تخصنا وحدنا كبشر قد اتخذت أبكر بكثير مما كنا نظنه حتى الآن . لقد كان تقديرنا لتأثير التطور ، الذي أنتج خلال مليارات السنين الحياة وأخيراً الوعي ، على ما أنتجه أدنى بكثير مما يستحق . يتوجب علينا الآن أن نتعلم بأن نرى أنفسنا كنتيجة لهذا التطور ، الذي تشكل قوانينه ومسيرته التاريخية القالب الذي طبعنا وطبع العالم الذي نعيش فيه حتى آخر الجزئيات .

لقد حصلنا لتونا على برهان لا متوقع ومقنع لهذه المقولة . ان الحكم ، الذي كوناه عن نتائج مؤثر يوري في الغلاف الجوي ، يتركز بالدرجة الاولى على الحقيقة بأن الغلاف الجوي البدئي كان قد قرر ، لمئات ملايين السنين قبل نشوء الحياة الاولى ، ما هي المكونات الأساسية التي ستنشأ عنها الحياة اللاحقة . لقد اختارت الشروط الفيزيائية (التركيب الكيميائي الذي حصل عليه الغلاف الجوي كنتيجة لمنشأه البركاني والتأثير المتبادل بين عملية التفكك الضوئي وما نتج عنها من اوكسجين) المتحققة صدفة من بين كثير من الجزيئات الممكنة هذين الجزيئين اللذين لا نعرف سواهما اليوم فقط لأن فرص نشوء جميع المركبات الأخرى هبطت فجأة الى الحضيض .

سيصادفنا قريباً مثال معبر آخر لهذه العلاقات ، عندما نفكر ، في نهاية هذا الفصل ، بالمهام الأخرى التي نفذها الغلاف الجوي . إنه لمذهل كم هو كبير عدد الوظائف التي حلها هذا الغلاف الغازي الشفاف المحيط بكوكبنا . إن ما قام به قياساً الى بساطة تركيبه وخواصه الفيزيائية تجاوز ما قام به أي جزء آخر من أجزاء عالمنا .

لولا الغلاف الجوي لما كانت الأرض صالحة للحياة بالنسبة لنا ، ليس فقط لأنه يجعل عملية تبادل الاوكسجين وغاز الفحم ممكنة ، بيننا وبين جميع أفراد المملكة الحيوانية من جهة وبين النباتات من جهة اخرى . تمدنا هذه الدورة بالاوكسجين كمصدر للطاقة التي نحتاجها نحن وجميع أشكال الحياة الحيوانية الموجودة اليوم على الأرض لاستمرار عملية التمثل العضوي . إن الأرض بدون غلاف جوي ستكون غير صالحة للحياة بالشكل الذي نعرفه لجملة من الأسباب الاخرى .

سبق وشرحنا تفصيلاً أهمية الغلاف الجوي كمصفاة للأشعة فوق البنفسجية . لقد بينت البحوث المتعلقة بتركيب الأشعة الشمسية ، والتي أصبحت منذ بضع سنين ممكنة بواسطة مسابر محمولة إلى خارج الغلاف الجوي ، أن الطاقة التي تشعها الشمس في مجال الذبذبات فوق البنفسجية تكفي لإفناء كل ما على الأرض من حياة . بدون المصفاة الجوية الاوكسجينية ستتمكن الشمس من تعقيم سطح الأرض بنفس الفعالية التي نستطيع بها تعقيم غرفة العمليات بتسليط أشعة فوق بنفسجية قوية عليها .

توضح الصور التي أرسلتها لنا الأقمار الصناعية عن سطح المريخ الأهمية الفائقة لغلاف جوي كثيف بما فيه الكفاية للحماية من إصابات النيازك والشهب . يعتقدالفلكيون اليوم أن جميع كواكب مجموعتنا الشمسية ، التي لها حجم وكثافة أرضنا والتي لا تملك غلافاً جوياً ، قد تعرضت بنفس الطريقة الى إصابات نيزكية . ينطبق هذا بالاضافة الى القمر والمريخ على عطارد وأفلوطن وعلى الأرجح على أغلب الأقمار التسعة والعشرين التابعة للكواكب الكبيرة ، المشتري وزحل واورانوس ونبتون .

يشكل الغلاف الجوي الأرضي رغم طبيعته الهوائية ترساً واقياً أيضاً ضد الشظايا النيزكية حيث أن هذه الطلقات الكونية نظراً لسرعتها العالية تسخن بسبب احتكاكها مع الهواء الى درجة أنها تلتهب وتتحطم ، فيما عدا بعض الحالات الاستثنائية ، قبل وصولها الى الأرض .

علاوة على ذلك فإن الغلاف الجوي هو (بالاضافة الى البحار) محطة تكييف شديدة الفعالية . إنه يعمل كمستودع حراري هائل يخزن قسماً كبيراً من الحرارة التي تشعها الشمس نهاراً لتكون عوناً خلال الليل المظلم . لولا هذه العملية لكانت الفروق الحرارية على سطح الأرض بين الليل والنهار هائلة كتلك التي على القمر . لكن الغلاف الجوي يقوم أيضاً بنقل الحرارة على الأرض من مكان الى آخر ، إذ تعمل التيارات الحرارية أو «الرياح» الجارية فيه باستمرار على تأمين توازن بين المناطق المختلفة ذات التفاوت الحراري الكبير . تقوم هذه التيارات الحرارية فوق ذلك بنقل كميات هائلة من المياه المتبخرة بتأثير الأشعة الشمسية من المحيطات والمناطق الرطبة الى مسافات بعيدة ثم تدعها تسقط هناك . لولا الغلاف الجوي لما وجد المطر ولما وجد الطقس على الاطلاق .

ولكن الرياح والأمطار هي بدورها أهم مسببات الحت والتعرية . من منظور الحياة اليومية لا نرى في العواصف المطرية سوى عملية تفسخ لا بد منها على الرغم من أنها لا تجلب سوى الضرر . غير أنه لولا العمل المتواصل منذ ملايين السنين الذي تنجزه عوامل الحت والتعرية على سطح الأرض لما زال هذا السطح حتى اليوم كما كان في لحظة تبرده قبل ٤ ـ ٥ مليار سنة عارياً تغطيه الصخور البركانية ، ما عدا طبقاته العليا التي كانت قد تحولت الى غبار ناعم ، كما هو الحال على سطح القمر ، بتأثير رجمه المستمر بالقنابل الكونية الصغيرة (النيازك وغيرها) . أما التراب والرمل والطين وجميع أنواع التربة الأخرى ، التي جعلت الأرض خصبة وقادرة على حمل الحياة ، فهي من نتاج الريح والمطر اللذين هما بدورهما نتيجة للغلاف الجوي وخواصه الديناميكية .

عندما نعدد إذن بهذه الطريقة كل ما يسهم الغلاف الجوي بتأمينه لنا من أمور أصبحت جزءاً من حياتنا اليومية المعتادة نحصل على قائمة معبرة وطويلة . نود أن نختتم هذه القائمة بمسألة من نوع مختلف

تماماً لها علاقة أكثر التصاقاً بحياتنا اليومية الاعتيادية . لكننا نحتاج لهذا الغرض الى التوسع قليلاً والالتفاف على الموضوع ، لأن ما اعتدنا عليه من خلال خبراتنا اليومية العادية لا تظهر لنا خصائصه المتميزة إلا عندما ننظر اليه من زاوية لم نعتد عليها . يتعلق الأمر هنا بمسألة ستفاجيء أغلب القراء وهي أن الغلاف الجوي بتركيبه المتميز يحدد أيضاً معايير احساساتنا الجمالية .

سنشرح سبب ذلك بواسطة مثال حديث العهد قدمته لنا بحوث الفضاء الحديثة . أعني بذلك حقيقة اننا حتى اليوم لا نعرف لون سطح القمر .

هذا هو الواقع على الرغم من أن الأقمار الصناعية غير المأهولة التي هبطت على سطح القمر وافتنا بالصور الملونة عنه ورواد الفضاء الذين ساروا عليه رأوه بأم أعينهم . يتوجب علينا هنا أن نضيف تحفظاً بسيطاً على هذا الكلام وهو أن الرؤية بالعين بالمعنى الحرفي للكلمة لم تحصل على الاطلاق ، لأن الشمس تسطع على سطح قمرنا العديم الجو بقوة تجعل العين لا تتحمل النظر اليه بدون حماية .

تتم حماية الرواد ضد هذه الأشعة الحادة بمصافي شمسية تركب على خوذهم . ينطبق نفس الشيء على الأفلام التي يُصور بها سطح القمر حيث يتوجب تخفيض حساسيتها بمقدار كبير . غير أن كلتا الطريقتين تؤثران بطريقة مختلفة تبعاً للاسلوب المتبع في الحماية وتبعاً لحساسية الفيلم على اللون المعكوس .

إننا لا نستطيع إذن أن نرى أو نصور القمر إلا بطريقة غير مباشرة . ينتج عن ذلك أننا لن نستطيع تحديد لونه بالضبط . إذا ما رأينا في احدى المجلات صوراً ملونة لصخور القمر وحصل لدينا الانطباع على أنها بلون أخضر يميل الى الأزرق سنراها في مجلة اخرى تميل الى الأصفر أو الأبيض الرصاصي . وإذا ما حاولنا ، لكي نزيل كل التباس ، قراءة محاضر أقوال رواد الفضاء الذين هبطوا على سطح القمر فلن نتقدم خطوة واحدة . سنسمع أحدهم يقول يميل الى الأخضر والآخر الى الإزرق والثالث الى الأصفر على أبيض . لا نستطيع أن نعرف كم من هذه الفروق ، في الاحساس باللون في وسط غير أرضي ، يعود الى المصافي الشمسية وكم منها يعود الى الشخص ذاته الذي يتوجب عليه تحديد الألوان تحت إضاءة غريبة عليه وبدون امكان المقارنة مع ألوان المحيط المعتادة .

غير أننا حتى هذه النقطة لم نضع اصبعنا على المشكلة الحقيقية ، إذ لم نزل متأكدين ، رغم بعض الاشكالات الصغيرة الموجودة ، من أنه لا بد أن يكون لسطح القمر موضوعياً مظهر «فعلي» ولون «حقيقي» موضوعي . للأسباب التي شرحناها لم يزل يوجد بالنسبة لنا بعض الاختلافات . لكننا لم نزل نعتقد ان إزالتها يجب أن تكون ممكنة مبدئياً أي يجب أن يكون تحديد لون «صحيح» لحجارة القمر ممكناً موضوعياً .

لكن كيف نستطيع تحديد أو تعريف هذا اللون «الصحيح» ؟ أي فيلم هو الصحيح وأية مصفاة هي التي تسمح للألوان بالوصول الى العين بدون تشويه ؟ عندما نفكر كحل لكل هذه المصاعب أن ننظر الى حجر من الحجارة القمرية التي جلبتها المركبات الفضائية ندرك فوراً أن المشكلة أعمق مما كنا نتصور .

من يفكر ملياً بهذه الامكانية يكتشف أيضاً أنها لا تقدم شيئاً . صحيح أننا نستطيع الآن أن نرى الحجر القمري مباشرة بدون أي حجاب واق أمام العين لكننا هنا على الأرض نراه في ضوء الشمس المصفى بواسطة الغلاف الجوي أي أننا نراه ضمن شروط تختلف تماماً عن المحيط الطبيعي للحجر على سطح القمر ، إذ أن الغلاف الجوي الأرضي يحجب موجات الضوء المختلفة الأطوال بنسب مختلفة.وهذا يعني أنه يحجب موجات كان الحجر سيعكسها لو كان تحت الشروط القمرية حيث لا يوجد غلاف جوي وكانت بالتالي ستشكل جزءاً من مظهره في وسطه الطبيعي .

أود الآن أن اختصر الموضوع : إذا ما فكرنا بالمشكلة الى مداها الأقصى ندرك أمراً لم نكن نتوقعه على الاطلاق وهو أننا لن نعرف أبداً ما هو اللون «الفعلي» لحجر قمري . يكمن آخر سبب لهذا اللا إمكان في أن أعيننا قد تعيّرت وتكيفت ، خلال مئات ملايين السنين من نشوئها ، بصورة مثلى وبالتالي ضيقة مع الشروط الضوئية السائدة على سطح الأرض بشكل انها لا تعطي «صوراً صالحة» إلا ضمن الشروط الأرضية .

نستطيع أن نوضح ما يعني هذا بتجربة صغيرة نجريها بأنفسنا . إن سُلّم الألوان ، الذي ما هو في الأصل سوى موجات كهرطيسية مختلفة للضوء المرئي تقوم أعيننا وأدمغتنا بترجمتها ، لا يتطابق بدقة تامة لدى أي انسان في كلتا العينين . لا نحتاج إلا أن ننظر الى ورقة بيضاء تحت ضوء كاف بالتناوب مرة بإحدى العينين ثم بالأخرى لنتأكد من ذلك . إذا ما دققنا النظر سنجد أن ذات الورقة تظهر في احدى العينين بلون (ربما آثار حمراء خفيفة) يختلف عما تظهر عليه في العين الأخرى (ربما مع آثار زرقاء خفيفة) . عندئذ سنقف محتارين أي العينين تعطي اللون «الفعلي» بصورة «صحيحة» .

أن لا يكون لهذا السؤال جواب ، يعود الى أن الألوان وعلى الأخص مفهوم اللون «الأبيض» لا وجود لها إلا في أذهاننا . أن يولّد لدينا مزيج جميع ألوان قوس قزح مجتمعة الانطباع «أبيض» أي أن يجعلنا نحس بالـ «لا لون» يعود الى أن أعيننا قد «قررت» في مسيرة نشوئها أن ترى الإضاءة الوسطية التي يولدها ضوء الشمس على الأرض ضمن شروط الغلاف الجوي على أنها «حيادية اللون» . يتعلق مجمل الأمر هنا بما يشبه عملية تحديد نقطة الصفر وهذه طريقة ذات فائدة عملية فائقة من الناحية البيولوجية . إنها تعني أن فقط ما ينحرف عن هذه الإضاءة الوسطية يعتبر «لوناً» وبالتالي معلومة إضافية عن المحيط . لكن الفائدة العملية لا تتوفر إلا طالما لم تتغير شروط الوسط المحيط . عندما نكون على سطح القمر ونتعرض لضوء نفس الشمس ، بدون أن يخضع لعملية التصفية التي يجريها الغلاف الجوي ذي التركيب المحدد تاريخياً ، تفقد نقطة الصفر لنظام ادراكنا البصري صلاحها .

تشير جميع هذه التأملات الى أن احساسنا باللون مع جميع الانفعالات الشعورية والجمالية المرتبطة به يعكس بصورة غير مباشرة خصوصيات تركيب الغلاف الجوي لأرضنا . بصورة أدق يجب القول أن امكاناتنا البصرية قد صاغتها الشروط السائدة على سطح الأرض بناء على التركيب الطيفي المتميز لضوء الشمس وعلى تأثير الغلاف الجوي .

إذا ما عدنا الآن عند هذه النقطة الى الأفكار التي ناقشناها حول مظهر الحجر القمري نستطيع أن

نتقدم خطوة نحو الأمام : ليس حجر القمر هو الشيء الوحيد الذي لن نستطيع أبداً معرفة لونه «الحقيقي» . إن ما تعلمناه من هذا المثال لا ينطبق على الأشياء غير الأرضية وحسب . إننا في الحقيقة لا نعرف حتى كيف هو «في الواقع» مظهرنا ذاتنا . الشيء الوحيد الذي نعرفه والذي يمكن أن نعرفه على الاطلاق هو مظهرنا تحت ضوء نجم ثابت حقله الطيفي من الطراز G_2V تقع إضاءته القصوى في المجال الأصغر من الحقل الطيفي ويمدنا بالضوء من على بعد ١٥٠ مليون كيلو متر عبر مصفاة الغلاف الجوي .

نود في الختام أن نذكر ملاحظة أخيرة حول العلاقة بين الضوء «المرئي» والغلاف الجوي للأرض . يبقى القسم الأكبر من الأمواج الضوئية التي تشعها الشمس معلقاً في الغلاف الجوي لكوكبنا ، حيث أننا لهذا السبب لم نتعرف بدقة على الأشعة الشمسية القصيرة الموجة ، أي على ما تشعه الشمس في مجال أشعة غاما وأشعة رونتجن ، إلا بعد أن وفرت لنا صناعة الصواريخ امكانية اجراء البحوث فوق الغلاف الجوي .

غير أن الغلاف الجوي يحجب أيضاً القسم الأكبر من الأشعة الشمسية الواقعة في قسم الموجات الطويلة من الحقل الطيفي . إننا نعرف من تجاربنا اليومية أن أكثر المصافي فعالية ضد الأشعة الحرارية ، التي تجاور الضوء المرئي في الحقل الطيفي ، هي تلك التي يشكلها بخار الماء في الجو : تحجب الغيوم الحرارة القادمة من الشمس بدرجة أقوى مما تحجب «الإضاءة» القادمة من هناك . غير أنه يوجد هنا في مجال الموجات الطويلة حالة شاذة ، يوجد نافذة في الغلاف الجوي تبقى مفتوحة للأشعة الواقعة خارج المجال المرئي . تتعلق هذه الحالة الشاذة بموجات الراديو تحت القصيرة (إف إم) . تخترق هذه الموجات الغلاف الجوي بما فيه من بخار الماء بدون أية إعاقات . هذا هو السبب الذي يجعل إجراء بحوث فلكية راديوية بهذا المجال من الموجات ممكناً وبدون أي تشويش مهما كانت السماء متلبدة بالغيوم .

فيما عدا هذا الشذوذ الوحيد فإن الشريط الضيق للضوء «المرئي» هو الجزء الوحيد من الحقل الطيفي الشمسي الذي يستطيع اختراق الجو والوصول الى الأرض . هذه الجملة صحيحة بما لا يقبل الجدل . إلا أنها رغم ذلك تقلب بهذه الصياغة الوضع الفعلي رأساً على عقب . في الحقيقة يتوجب علينا بداهة أن نصيغها بالطريقة المعكوسة تماماً : إن الأمر هو ليس أن هذا المقطع المرئي من الحقل الطيفي الشمسي «بالتحديد» يستطيع اختراق الغلاف الجوي . من الطبيعي أن يكون الأمر بالعكس تماماً وهو أن هذا المقطع الضيق نسبياً من مجال التذبذبات العريض للأشعة الشمسية الذي تمكّن صدفة من اختراق الغلاف الجوي الأرضي هو الذي صار بالنسبة لنا ، لهذا السبب بالذات ، المجال المرئي من الحقل الطيفي أي صار «ضوءاً» .

تضع هذه الحالة أمام أعيننا مثالاً على أن «للصدف» الكثيرة التي تصادفنا في التاريخ السابق لنشوء الحياة على الأرض تفسير واحد صحيح لا يقبل المناقشة . في هذه الحالة لن يقع أي منا في خطأ التعجب من هذه الصدفة المذهلة وهي أن الغلاف الجوي قد حصل بالضبط على التركيب الذي لا يسمح تقريباً بالنفاذ إلا لضوء الشمس المرئي بالنسبة لنا . ما من أحد سيشعر هنا بحاجة الى تفسير هذه الصدفة اللامحتملة بتأثير قوة فوق طبيعية أو بوضع فرضيات إضافية .

هنا أيضاً يصح القول أن علينا أن نبحث عن الأعجوبة حيث هي فعلاً . هنا أيضاً تكمن الأعجوبة في أن الحياة تمكنت من أن تنشأ في الشروط الخاصة التي سادت على الأرض مئات ملايين السنين قبل ظهور بذرتها الاولى .

فقط شريط ضيق جداً من كامل مجال الحقل الطيفي الشمسي يستطيع إختراق الغلاف الجوي . لهذا السبب استخدمت الحياة ـ بعد ملايين لا حصر لها من السنين ـ هذا الجزء من الأشعة الشمسية لتقدم لمخلوقاتها معلومات بصرية عن المحيط الذي تعيش فيه تساعدها على التعامل مع هذا المحيط . هكذا نشأت «الرؤية» .

أخيراً نستطيع لاحقاً أن نجيز لأنفسنا النظر الى هذا المثال كتأكيد إضافي الى أن التفسير الذي تبنيناه في حال تأثيرات مؤثر يوري هو فعلاً الأكثر معقولية . إن من يتعجب من أن هذا المؤثر قد انحاز «بالتحديد» لصالح نشوء البروتينات والحموض النواتية هو أيضاً لا يرى الأمور إلا من منظور معكوس .



القسم الثاني

نشوء الحياة

٤ـ هل هبطت الحياة من السماء ؟

إنها فكرة جديرة بالمناقشة ان تكون جميع الحياة الأرضية ذات منشأ سماوي . لا نعني في هذه الحالة المعنى الميتافيزيقي لنشوء الحياة على الأرض وانما المعنى الحرفي تماماً . إن امكانية أن تكون الحياة على الأرض ذات مصدر غير أرضي يناقشها بجدية كاملة منذ عدة سنوات علماء النازا ، وكالة الفضاء الامريكية .

يتوجب عند هذه النقطة ان نحترس من التباس آخر . بقدر ما إن ما نقصده هنا لا يتعلق بتفسير ميتافيزيقي فهو أيضاً لا يتعلق بالقصص الخيالية لبعض الروائيين الاذكياء امثال شارو و دينيكن . مهما بدت «النظرية» عن تلقيح قديم بين اسلافنا الأوائل ورواد فضاء قدموا من العالم الخارجي جذابة ومثيرة فهي لا تتعدى كونها قصة ممتعة لا تؤخذ على محمل الجد . بغض النظر عن التناقضات البيولوجية فإن مثل هذه التخمينات لا تستطيع ان تساهم بأي مقدار في تفسير مسألة نشوء الحياة على الأرض لأنها تنطلق من وجود مسبق لكائن بشري بدئي بدائي .

حصلت الفكرة القائلة بأن الحياة قد تكون جاءت من السماء أو بتعبير ادق : من أعماق الفضاء الكوني على اهتمامات جديدة نتيجة للبحوث التي اجراها علماء الأحياء الدقيقة الامريكيون في السنين الأخيرة . أجريت البحوث بتكليف من نازا التي تعهدت بأن لا تؤدي هذه الدراسات الفضائية إلى انتقال البكتيريات أو أية أحياء دقيقة أخرى من كوكب إلى آخر .

للخطر الذي يمكن أن يحصل بسبب انتقال «بذور حية» من كوكب إلى كوكب آخر وجهان . يكمن الوجه الأول في ان المركبات او المسابر الفضائية التي تهبط خلال رحلتها الفضائية على أحد الكواكب ، على المريخ مثلاً ، يمكن ان تجلب معها من هناك عندما تعود كائنات حية مجهرية في حال وجود اشكال حياتية مستقلة على هذا الكوكب الغريب .

ان الاحتمال بأن تسبب هذه الكائنات المجهرية أوبئة على الأرض ضعيف جداً . نستطيع بخصوص امكانية حصول عدوى لدى اشكال الحياة الأرضية من هذه «الجراثيم» غير الأرضية ان نقدم اعتراضاً مشابهاً لذاك الذي قدمناه ضد فرضية دينيكن حول التلقيح بين أعراق (أجناس) كوكبية مختلفة والتي تعتبر غير ممكنة على الاطلاق . لمجرد كون هذه الكائنات القادمة من خارج الأرض من نوع غير أرضي فأنها على الأرجح لا يمكن ان تهدد الحياة الأرضية . سوف لن تستطيع على أغلب الظن ، سواء أكانت حيوانية أو نباتية ، ان تثبت اقدامها وتتكاثر في العضوية الأرضية الغريبة عنها . غير أن هذا يعتبر شرطاً لا بد منه لانتشار الوباء الساري .

على كل حال ان ما يعتبر مستحيلاً لدى اشكال الحياة العليا ـ التلقيح بين انواع مختلفة ـ يعتبر أيضاً غير محتمل بتاتاً في حالة الأحياء الدقيقة ؛ هذا ما اختبرناه من أنواع الفيروسات الأرضية ذات القدرة المرنة والهائلة على التكيف . ولكن مهما كانت المخاطرة ضئيلة فلا بد من النظر إليها من قبل المسؤولين بجدية تامة لأن نتائج عدوى أرضية بأحياء غير أرضية ستكون على الأرجح مخيفة .

يعود السبب في أنه لم يزل يوجد على الأرض حتى اليوم بشر وحيوانات ونباتات ، على الرغم من أن الوسط الذي تعيش فيه مليء بمسببات الأمراض المجهرية، إلى أن جميع الكائنات الحية العليا قد طورت لنفسها منذ زمن طويل أنظمة دفاعية (القدرة على اكتساب المناعة) تستطيع بها حماية نفسها ضد جميع الاخطار المحتملة . أما اذا استطاع الفيروس غير الأرضي ان يثبت أقدامه هنا فإن اشكال الحياة الأرضية ستشكل أرضاً خصبة له وستكون قد قدمت له لقمة سائغة بدون أي دفاع . في هذه الحالة ستكون الأوبئة الكبرى في العصور الوسطى من طاعون وكوليرا مزحة خفيفة بالنسبة لما يمكن ان يحصل .

هذه الامكانية ، على الرغم من أن احتمالها معدوم تقريباً ، هي التي تجعل ، كما هو معلوم ، علماء الناژا يعزلون حتى رواد الفضاء العائدين من القمر في محاجر صحية صارمة لعدة أسابيع على الرغم من انه يعتبر بحكم المستحيل سلفاً ان يوجد مكروبات على القمر . عند اجراء الرحلات الفضائية المخططة إلى المريخ ستتخذ بالتأكيد اجراءات أشد حدة وصرامة .

أما الوجه الثاني للانتقال الجرثومي بين الكواكب والذي يشكل خطراً أكبر هو تلوث مناطق الحياة غير الأرضية بأحياء دقيقة أرضية . يعتبر الخطر أكبر لسبب بسيط هو أنه مؤكد في هذه الحالة أن الجراثيم التي يمكن ان تنقل إلى هناك موجودة فعلاً . بناء على هذه الامكانية يكمن المجهول الوحيد في اننا لا نستطيع ان نعرف مسبقاً ما إذا كانت المواقع التي تهبط عليها أقمارنا الصناعية تحتوي على كائنات حية أم لا . في حال وجود حياة هناك ستصبح عرضة لخطر الغزو من قبل الجراثيم التي تحملها اقمارنا الصناعية المنطلقة من الأرض .

هذه المخاطرة جسيمة أيضاً وعبثها غير محتمل . من يقول أن هذا الخطر لايمسنا وبالتالي لا يهمنا يغيب عن ذهنه ان مراكز البحوث الفضائية تصرف أموالاً طائلة بحثاً عن اشكال أخرى للحياة ولن يكون في مصلحتها القضاء على هذه الحياة ، إن وجدت ، منذ أول لقاء .

غير أنه حتى عندما تتعلق البحوث بكواكب لا حياة عليها بالتأكيد يبقى تعقيم الأجهزة التي نطلقها

إليها ضرورياً . أود أن أذكر هنا بمثال الزهرة وبالأسباب التي تؤيد ان هذه الكوكب المجاور يمكن ان يكون الآن في مرحلة جنينية من مراحل التطور . لذلك فإن اجراء بحوث عن هذا الوسط الكوكبي «قبيل الحياتي» ستكون ذات أهمية فائقة للعلوم ، لأنها ستمكننا من التعرف على الشروط التي يمكن أن تؤدي إلى نشوء الحياة وتساعدنا على متابعة تطورها .

سنحصل عندئذ على فرصة فريدة تمكننا بالمشاهدة المباشرة من تحديد النقاط التي انحرف عندها التطور هناك عن الاتجاه الذي سلكه هنا على سطح الأرض . سنستطيع ان نعرف لأول مرة الخطوات الحتمية التي لا بد منها للتطور والخطوات الأخرى الكيفية ، أي التي حصلت بالصدفة أو لأسباب تاريخية خاصة . هذه مسائل ذات أهمية مذهلة . عندما نجد جواباً له نحصل لأول مرة على نقطة انطلاق نستطيع منها أن نحدد إلى أي مدى تستطيع الحياة خلال تطورها ان تنحرف عن الأشكال الحياتية التي نشأت هنا على الأرض والتي هي الوحيدة التي نعرفها حتى الآن .

كل هذه الآمال المثيرة ستتبخر دفعة واحدة فيما لو تمكنت بذرة حياتية واحدة ذات منشأ أرضي من الوصول إلى الزهرة . لأنه اذا كان يوجد هناك فعلاً «وسط قبل ـ حياتي» ، أي اذا كانت قد نشأت هناك جزيئات عضوية كبيرة ، لكن لم تنشأ بعد كائنات حية «زهروية» قادرة على التكاثر ، عندئذ سيكون وصول كائن حي دقيق أرضي إلى الزهرة بمثابة الزرع في وسط خصب . ستجد البذرة الأرضية هناك شروطاً مثلى للتغذية والتكاثر مسخرة لها وحدها دون أي منافس .

سيصبح عندئذ مؤكداً ان الحياة ستتطور على سطح الزهرة وستشكل خلال مليارات السنين اشكالاً حياتية أعلى . لكن نقطة الانطلاق ستكون في هذه الحالة بالتأكيد تلك البذرة الأرضية المنقولة إلى هناك بكل ما للكائن الحي الأرضي من خصائص بيولوجية متميزة . وستكون جميع أشكال الحياة الزهروية المستقبلية ليست سوى كائنات أرضية تكيفت في اشكال خاصة أرغمها عليها الوسط السائد على سطح الزهرة . سيكون هذا الوضع أيضاً بالغ الأهمية . لكنه سيجعل الاجابة على الأسئلة الأساسية الأكثر أهمية غير ممكنة حتى إشعار آخر ، إلى أن يأتي اليوم الذي قد تتمكن فيه البشرية من مغادرة هذه المجموعة الشمسية لتبحث عن الجواب على كوكب آخر تابع لشمس غريبة .

إننا نأمل أن يوجد بشر يحيلون دون تلوث سطح الزهرة ببذرة أرضية ليس للأسباب المذكورة وحسب . علينا أن نرى أيضاً في مثل هذا التلوث مشكلة أخلاقية تكمن في أننا بهذه التجارب الفضائية قد نقطع الطريق على التطور المستقبلي لكائنات حية غير أرضية في هذه المرحلة المبكرة . عندما نتذكر أن مركبتين فضائيتين أرضيتين على الأقل قد هبطتا على سطح الزهرة يسيطر علينا بعض القلق تجاه هذه المسألة . حسب كل ما لدينا من معارف يبقى السؤال عما اذا كانت المركبة الفضائية تستطيع مغادرة الأرض نظيفة ، أي خالية من الميكروبات الحية ، قضية مشكوكاً فيها .

لقد قام الأمريكيون والسوفييتيون للأسباب المذكورة هنا بتعقيم مركباتهم الفضائية قبل الاطلاق بكل العناية الممكنة ، لا بل ان الأمريكيين قد شددوا هذا التعقيم في الأعوام الأولى من بحوثهم الفضائية لدرجة أنهم يرجعون فشل بعض محاولات الاطلاق إلى هذا السبب . على كل حال تسربت إشاعات تقول

ان الامريكيين فشلوا في بعض محاولات الاطلاق المبكرة لأن التجهيزات الكهربائية تضررت من الحرارة العالية المستخدمة للتعقيم قبيل الاطلاق . أما الآن فقد تم تجاوز هذه الأمراض الطفولية . نستطيع ان نكون متأكدين ان الاقمار الصناعية الأمريكية والروسية تكون «نظيفة» عند انطلاقها من كاب كنيدي ومن بايكونور . أما ان تبقى كذلك حتى وصولها إلى أهدافها فهذه مسألة أخرى .

لكي تصل إلى هناك عليها أولاً ان تعبر الغلاف الجوي الأرضي ، وهذا ، فيما يتعلق بالنظافة من الملوثات ، ليس على أفضل ما يرام . لقد سبق وذكرنا التجارب البالونية والصاروخية التي تجريها ناززا لدراسة الشروط السائدة هنا . بمساعدة كائنات حية دقيقة تم تصميم «أفخاخ باكتيرية» أجري بواسطتها تمشيط الطبقات العليا من الغلاف الجوي الأرضي تمشيطاً منهجياً شاملاً . كانت نتيجة رحلة الصيد هذه حتى بالنسبة للمختصين مفاجئة حيث تم العثور في جميع المجالات الجوية على مختلف الكائنات الحية وبكميات لم يكن يتصورها أي باحث مختص . على ارتفاع ١٥ كيلو متر يوجد في كل ١٠٠٠ متر مكعب من الهواء وسطياً ١٠٠ كائن حي دقيق من مختلف الانواع . على ارتفاع ٢٥ كم من سطح الأرض لم يزل يوجد ١٥ . صحيح أن عددها الوسطي تناقص مع تزايد الارتفاع لكن التجارب برهنت على ان الغلاف الجوي لكوكبنا ليس نظيفاً حتى ولا على ارتفاع ٥٠ كم .

ما من أحد يعرف اليوم حجم الخطر في ان تكون احدى المركبات الفضائية المغادرة الأرض قد «للمت» بعضاً من هذه الأحياء خلال عبورها للغلاف الجوي . لكن حتى لو حصل ذلك فإن هذا لا يعني ان الكبسولة ذاتها ، التي تهبط في نهاية المطاف على سطح الكوكب الآخر ، قد تلوثت ، لأن هذه الكبسولة تكون في مرحلة الانطلاق محاطة بغلاف واق ينفصل عنها في المرحلة الصاروخية الأخيرة خارج الغلاف الهوائي الأرضي . نظراً لهذه العوامل المجهولة الكثيرة لا يستطيع أحد اليوم ان يكون متأكداً مما اذا كنا بالتقنية الفضائية الحالية في صدد تلويث المنظومة الشمسية بالبكتيريا الأرضية .

قد لا تكون هذه المسألة على الأهمية التي نسبناها اليها حتى الآن . قد يتحسب علماء النازا لمشكلة غير موجودة على الاطلاق . ان نتائج التجارب البالونية والصاروخية المذكورة اعلاه تتيح مجالاً الى الظن بأن البكتيريا الأرضية لا تعتمد على صواريخنا وأجهزتنا لكي تتمكن من الوصول إلى المريخ أو ربما إلى كوكب أبعد ، لأن هذه النتائج تدفعنا إلى التساؤل عن الطريقة التي تمكنت بواسطتها هذه البكتيريا من الوصول إلى الطبقات الجوية العليا حتى ارتفاع ٥٠ كم أو أكثر .

في البداية فكر العلماء بالانفجارات البركانية وبالتجارب الذرية . فقد تكون قوة «نفخها» الهائلة هي التي أوصلت هذه الكائنات إلى تلك الارتفاعات . لكن التجارب المتكررة فوق مختلف اصقاع الأرض أعطت نفس النتائج مما جعل هذا التفسير يفقد تماسكه ، لأن الانفجارات البركانية أو الذرية كانت يجب أن تجمع الميكروبات في مناطق معينة من الجو . لكن هذه الحالة غير موجودة إذ أن توزع الجراثيم متساو في جميع أنحاء الغلاف الجوي حتى طبقاته العليا . كلما توسع العلماء في تجاربهم ازداد لديهم الاقتناع بأن الجراثيم المذكورة تشكل كما يبدو جزءاً لا يتجزأ من هذه الطبقات الجوية العليا .

من الواضح أن الدوارات الهوائية والتيارات الجوية العادية تكفي لحمل هذه الكائنات المجهرية

الخفيفة إلى تلك الارتفاعات العالية . من الواضح أيضاً ان هذه الكائنات خفيفة لدرجة انها تستطيع ، عندما تصل إلى هناك ، ان تبقى سابحة في الفضاء لزمن طويل . وقد تكون رحلتها إلى هناك لم تنته بعد إذ من الثابت أن جزءاً ضئيلاً جداً من الغلاف الجوي الأرضي عند أقصى طبقة له يتسرب باستمرار عبر الفضاء . هنا تضيع باستمرار آثار صغيرة من الغلاف الجوي في الفراغ . لقد ذكرنا عند حديثنا عن التفكك الضوئي ان عملية الضياع هذه تنطبق أيضاً على الاوكسجين مما يؤدي إلى تشكل أوكسجين حر جديد في الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي .

هكذا يبدو لنا لا مناص من الاستنتاج أن جزءاً صغيراً جداً من الجراثيم يندفع مع هذا التسرب الجوي عبر الفضاء الخارجي أيضاً . ماذا يحصل بها هناك ؟ لقد حاول في السنين الأخيرة فريق بحوث ألماني الإجابة على هذا السؤال . قام هذا الفريق ، الذي يعمل في معهد خاص «للبيولوجيا الفضائية» في بلدة غرافشافت قرب كولون ، في عام ١٩٦٨ باطلاق مراصد علمية من شمال افريقيا لهذا الغرض . استخدم العلماء بعض الصواريخ الفرنسية من طراز «فيرونيك» بعد أن ركبوا على رؤوسها مخابر بيولوجية صغيرة . وضعوا في هذه المخابر بكتيريات وفطريات وخلايا نباتية بدائية من مختلف الأنواع وأطلقوها إلى ارتفاع ٣٥٠ كم . هناك ، بعيداً خارج آخر أطراف الغلاف الجوي ، عرضوا هذه الكائنات الحية بدون أية حماية إلى البرد والفراغ والاشعة الكونية والضوء الشمسي اللاّ مصفًى . كان هدف هذه التجارب المتكررة معرفة ما اذا كانت هذه الأحياء المجهرية تتحمل أيضاً هذه الظروف القاسية الموجودة خارج الأرض .

أثبتت هذه التجارب ان هذه الجراثيم أصلب مما يعتقد البعض . لم يَعِرْ أغلبها أي اهتمام للبرد القارس في الفضاء إذ تنخفض درجة الحرارة إلى أكثر من ناقص ١٥٠ درجة . لكن هذا لم يكن مفاجأة حيث ان التجارب المخبرية ، التي كانت قد أجريت قبل ذلك على الأرض ، أثبتت ان بعض هذه الاحياء المجهرية يتحمل درجة برودة تقترب من الصفر المطلق (ناقص ٢٧٣ درجة) . تتحول هذه الكائنات ضمن مثل هذه الشروط إلى حالة من الموت الظاهري ، حيث يبدو وكأن تمثلها العضوي قد توقف . لكنها اذا ما وُضعت بعد أيام أو أسابيع أو شهور في شروط مناسبة تبدأ مجدداً بالنمو والتكاثر .

علاوة على ذلك فقد تحملت هذه الكائنات الفراغ الفضائي بدون أية أضرار وتحملت جزئياً حتى الاشعة فوق البنفسجية الواصلة اليها من الشمس مباشرة بدون أية تصفية . غير أنه كان واضحاً أن الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات الشديدة القصر شكلت أخطر التهديدات . لكن بعضاً من هذه الجراثيم عرف كيف يقي نفسه حتى من هذا الخطر عن طريق نوع من «رد الفعل الموتي» ، ولم يتمكن العلماء بعد من كشف الخدعة المتبعة في هذه الحالة . بقيت تلك الجراثيم التي «ماتت» ظاهرياً بتأثير الأشعة فوق البنفسجية على هذه الحالة حتى بعد إعادتها إلى الأرض ، لكنها بعد ما أجريت لها معالجة معينة بتسليط أشعة عليها طول موجتها ٣٨٠٠ آنغستروم عادت إلى الحياة ثانية وبدأت تتصرف وكأن شيئاً لم يكن .

تشير هذه التجارب بصورة عامة إلى أن الطبقات الجوية العليا تحتوي على أحياء مجهرية يستطيع عدد كبير منها أن يعيش في الفضاء العاري بدون أية حماية . وبما انه من المحتمل أن أقصى الأطراف الخارجية للغلاف الجوي تدفع عدداً منها بصورة مستمرة في الفضاء الخالي فإن رحلتها اللاحقة تصبح مسألة حسابية صرفة . يمكن ان تكون البكتيريات والأحياء الدقيقة الأخرى صغيرة وخفيفة بشكل أنها عندما تصبح خارج الغلاف الجوي تستطيع ان تتابع تقدمها بتأثير ضغط ضوء الشمس .

إذا ما نظرنا إلى مجموعتنا الشمسية بعيني عالم أحياء دقيقة تظهر لنا الأرض كبؤرة ملوثة تنشر العدوى باستمرار . لكن هذا الانتشار الجرثومي يتابع مسيرته ، كما ذكرنا ، بتأثير ضوء الشمس ، لذلك لا يتوزع بصورة متساوية في جميع الاتجاهات وانما يتحرك دائماً في الاتجاه المعاكس للشمس . لهذا السبب يبقى كوكب الزهرة وكذلك عطارد ، لأنهما كوكبان «داخليان» بالنسبة للأرض ، في مأمن من هذه العدوى الكونية ، وهذا سبب إضافي يدعونا إلى الاصرار على حماية سطح الزهرة من العدوى المحتملة بواسطة رحلاتنا الفضائية .

أما المريخ وجميع الكواكب الأخرى فيمكن أن يصلها هذا التيار الجرثومي المنطلق من الأرض . لقد توصلت الحسابات التي اجراها علماء النازا حول الزمن اللازم نظرياً لهذه الرحلات الكونية إلى نتائج مذهلة ، اذ تبين ان سرعة انتقال هذه الجراثيم أكبر بكثير من سرعة الصواريخ التي صممها البشر حتى الآن . بينما تحتاج مركبة فضائية حديثة من طراز مارينر لقطع المسافة القريبة نسبياً بين الأرض والمريخ إلى حوالى ثمانية اشهر ، يمكن ان تقطعها هذه الجراثيم خلال أسابيع قليلة . لذلك نستطيع ان نتوقع أن تكون مجموعتنا الشمسية بكاملها ، باستثناء الزهرة وعطارد ، قد استعمرت من قبل الكائنات المجهرية الأرضية منذ زمن طويل في جميع تلك المواقع التي تكون الحياة ممكنة فيها .

لقد قام الدكتور كارل ساغان ، أحد علماء النازا ، بحساب امكانية أخرى لانتقال الجراثيم تعتبر ذات أهمية خاصة بالنسبة للموضوع الذي نعالجه . اذا كانت هذه الكائنات الدقيقة بحجم خمسة من ألف من الميليمتر أو أقل ، فإن ضغط ضوء الشمس يكفي لنقلها حتى إلى كواكب غريبة خارج مجموعتنا الشمسية . عندئذ سيرتفع الزمن اللازم للرحلة بصورة كبيرة ، بما يتناسب مع فرق المسافة بين الكواكب والمسافة بين النجوم . لن تستغرق الرحلة الآن أسابيع أو شهوراً وإنما عشرات آلاف السنين وما من أحد يستطيع ان يقول اليوم عما إذا كانت هذه الجراثيم تتحمل هذا أيضاً . لكن مهما بدا هذا غير محتمل فإن العلماء لا يعتبرونه مستحيلاً .

تعتبر هذه الامكانية بالنسبة لنا هنا ذات أهمية خاصة ، لأن هذه الرحلة الجرثومية الكونية ، في حال وجودها ، لن تسير بالطبع في إتجاه واحد . اذا كانت بذور ذات منشأ أرضي تستطيع ان تصل ، بتأثير الآلية التي تحدثنا عنها ، إلى كواكب شموس غريبة ، فإن الأرض يمكن ان تكون بدورها هدفاً نهائياً لبذور قادمة من الفضاء الكوني .

هل جاءت الحياة قبل ٣,٥ مليار سنة إلى الأرض على هذا الطريق ؟ هل احتُلَّتْ الأرض في مرحلة تطورها قبيل ـ الحياتية من قبل أحياء كونية وحيدة الخلية وضعت البذرة الأولى لجميع الحياة اللاحقة بما في

ذلك نشوء البشر أنفسهم ؟ هل هبطت الحياة الأرضية آنذاك حرفياً من السماء ؟

على الرغم من أن هذه الفكرة ليست جديدة فقد اكتسبت مؤخراً دفعاً جديداً وبدأ بعض العلماء مناقشتها بجدية تامة . كان أول من طورها هو العالم السويدي المشهور سفانتي آرينيوس في بداية هذا القرن . كان آنذاك زمن ذاك الجيل من المعلمين الذين كانوا ما زالوا يعانون من الصدمة التي سببها لهم اكتشاف العالم الفرنسي الكبير لويس باستور حول النشوء البدئي . تمكن باستور بعد بحوث طويلة مضنية من تقديم البرهان على أن جميع الحالات التي كان يناقشها العلماء حول امكانية نشوء كائنات حية بدائية وحيدة الخلية من المواد الميتة الفاسدة لم تكن تعبر عن حياة جديدة بل ان كائنات حية لا ترى بالعين المجردة تكون موجودة في الأوعية المستخدمة في التجربة قبل بدئها أو انها تدخل اليها مع الهواء أثناء اجرائها .

ولَّدت هذه التجارب المثيرة الانطباع لدى العلماء بأن مسألة «النشوء البدئي» للكائنات الحية مشكوك فيها وقد لا تكون موجودة على الاطلاق . على الجانب الآخر كانوا مقتنعين ان وجود الحياة على الأرض ليس أزلي القدم . من أين يمكن أن تكون قد جاءت الحياة اذن ؟ على هذا الأساس اعتقد آرينيوس أنه وجد مخرجاً من هذه الدوامة بفرضيته القائلة ان الحياة قد بدأت على الأرض الفتية بمكروبات جاءت من الفضاء الخارجي .

لقد اصبح واضحاً منذ البحوث التي اجراها بيولوجيو النازا والفريق الألماني ان هذه الفرضية ليست مجرد خاطرة خيالية ، اذ أن تجاربهم تقدم مؤشرات على أنها ممكنة ومقبولة من الناحية النظرية . أما أن يكون تخمينه مطابقاً لمجرى التاريخ الفعلي فهذه مسألة أخرى . هناك عدد من الأسباب الهامة التي تنقضه . سوف نرى لاحقاً أن الكون ، أي أن أعماق الفضاء الكوني قد شاركت فعلاً في نشوء الحياة على الأرض ، على ما يبدو . أما أن تكون الحياة قد هبطت من السماء قبل ثلاثة أو أربعة مليارات سنة دفعة واحدة على هيئة كائنات حية جاهزة كاملة التطور ، وإن كانت بدائية بصيغة وحيدات الخلية ، فهذا أمر يعتبر بحكم المستحيل لأسباب مختلفة .

يجب ان نلاحظ أولاً ان نظرية هذا الكيميائي السويدي لا تحل طبعاً مشكلة النشوء البدئي بل تدفعه إلى نقطة أبعد . اذا لم تكن الحياة قد نشأت لأول مرة على الأرض فلا بد أن تكون حسب هذه النظرية قد نشأت بدئياً في مكان ما آخر . من الناحية المبدأية لم يحصل أي تغيير على المشكلة ذاتها حتى لو وافقنا على اقتراح آرينيوس بنقلها إلى كوكب بعيد تابع لشمس غير معروفة .

لكن بغض النظر تماماً عن كل ذلك فإن الافتراض بأن يكون شكل ما للحياة قد جاء آنذاك إلى الأرض بهيئة هذا النوع من البذور الكونية وشكل المنشأ الأول لكل الكائنات الحية اللاحقة يعتبر ، استناداً إلى مجرى التطور الأرضي ، ضعيف الإحتمال . ما من أحد يستطيع أن يشك اليوم من الناحية المبدأية بامكانية انتقال الحياة عبر الفضاء ومن الممكن ان تكون قد نشأت على كثير من الكواكب في الفضاء الكوني بهذه الطريقة ، أما ان تكون قد نشأت على الأرض بهذه الطريقة فلا يوجد ما يؤكد ذلك على الاطلاق .

بذلك يصب التاريخ الذي عرضناه حتى الآن في مرحلة نشوء الحياة بطريقة تتابعية صحيحة وخالية من أية فجوة . جميع المؤشرات والآثار والحجج تؤكد مرة تلو الأخرى ان نشوء الحياة لم يبدأ بحدث ظهر فجأة وأدى بدون أية مقدمات إلى تشكل ظاهرة جديدة تماماً على سطح الأرض . ان نشوء الحياة على الأرض قد حصل من خلال عملية تطورية شديدة البطء ذات تسلسل دقيق ومنسجم وخالي من القفزات وصحيح بصورة مذهلة .

مر ما لا يقل عن مليار ولربما ملياري سنة حتى تحول التطور الكيميائي إلى تطور عضوي ، أي حتى صبت عملية نشوء جزيئات أكبر وأكبر وأعقد وأعقد بسلاسة وبدون أية فجوة درجة درجة وخطوة خطوة في عملية نشوء وحدات مادية اكثر تعقيداً سميت حية لأنها كانت قادرة على التضاعف (التكاثر بالانقسام) . لقد حصل الانتقال في الواقع ببطء وبتسلسل لا فراغ ولا قفزة فيه لدرجة أنه أصبح من المحال ، على ضوء البحوث الحديثة ، ايجاد حدود ذات دلالة بين الجزء من التطور الذي يعتبر المرحلة «اللاحيّة» والجزء المتصل به مباشرة والذي يشكل مرحلة التطور البيولوجي .

يتوجب علينا الآن أن نرى أولاً عن كثب ما حصل في هذه المرحلة بالتفصيل على سطح الأرض الفتية .

** ** **

٥ـ مكونات الحياة:

في ذاك الماضي السحيق كانت توجد أيضاً جميع العناصر التي نعرفها اليوم على الأرض ، غير أنها لم تكن جميعها في الحالة المنفردة المعزولة أي في الصيغة النقية ، وإنما متحدة مع بعضها مشكِّلة مختلف الروابط الكيميائية . لقد سبق وذكرنا بعضاً من هذه الروابط الغازية التي كان يتألف منها الغلاف الجوي الأول : آمونياك ، ميتان ، غاز الفحم ، والماء . أضيفت الى ذلك المركّبات المعدنية المتعددة التي كانت تتألف منها القشرة الأرضية ذاتها : سيليكات الألومنيوم والحديد والمنغنيز ، الكربونات المختلفة ، الروابط الآزوتية والكبريتية وغيرها ، هذا على سبيل المثال لا الحصر .

من المهم أن نضع أمام أعيننا أن هذا ليس بديهياً كما صار يبدو لنا لاحقاً بحكم العادة . إننا لا نعرف لماذا تنزع المادة المنطلقة من الانفجار الكوني الأول الى الاتحاد في بنى أكثر تعقيداً مغيرة بذلك خواصها تجاه الخارج باستمرار . إنها كذلك وحسب . من الناحية النظرية ليس هناك ما ينفي الامكانية بأن لا تكون للمادة هذه القدرة . عندئذ كان أول العناصر ، الهيدروجين ، قد بقي مستقراً دون أي تغيير وكان تاريخ الكون بالتالي قد اقتصر الى الأبد على التغيرات الميكانيكية لغيوم الهيدروجين ، التي تملأ الكون بكامله ، التي لن تتعدى تجمعه بتأثير وزنه ، توهجه كما يحصل في النجوم بتأثير ضغطه الداخلي المتزايد وأخيراً اندفاعه في دورات أبدية لا نهاية لها .

علينا أن نتذكر بهذه المناسبة أن كل شيء بدأ بالهيدروجين . لكن هذا الهيدروجين كان يحتوي امكانات لا حصر لها . إن كل ما ذكرناه في هذا الكتاب حتى الآن وكل ما سنذكره حتى آخر صفحة فيه ليس هو في الأصل سوى تاريخ التغيرات والتحولات التي بدأ الهيدروجين القيام بها بتأثير قوانين الطبيعة منذ أن أطلقه البيغ بانغ في هذا العالم .

كان الزمان وكان المكان وكانت قوانين الطبيعة . إنها الحقيقة المدهشة لهذا الكون المدهش أن هذه الشروط كانت كافية لجعل الهيدروجين يخضع الى عملية تحول مستمرة نتج عنها عبر الزمان كل ما نراه

حولنا اليوم بما في ذلك وجودنا ذاته . ان أعظم وأدهش اكتشاف قام به العلم حتى الآن يكمن في هذه الجملة الرائعة المتواضعة حول شروط الانطلاق - الهيدروجين زائد الزمان زائد المكان زائد القوانين الطبيعية - كما أن أعظم وأدهش أسرار الكون هو أن يكون البدء ممكناً بهذه الشروط .

إن تاريخ الكون هو تاريخ تطور هذا الذي كان في البدء ، لذلك أصبحت علوم الطبيعة ممكنة لأن كل ما حصل منذئذ نتج عن اللعبة المتبادلة القائمة منذ بدء الزمن بين الهيدروجين وكل النواتج المتعددة لتحولاته بتأثير قوانين الطبيعة عبر الزمان وفي المكان . تستطيع علوم الطبيعة كشف هذه اللعبة المتبادلة والبدء برسم المخطط الذي سارت عليه وتصحيحه خطوة خطوة ، لأن قواعد التحرك ثابتة .

أما ماهية هذه القواعد ذاتها ، لماذا هي هكذا وليس على شكل آخر ، كيف يمكن أن يكون لذرة الهيدروجين ، التي تبدو بسيطة التركيب ، هذه الامكانيات التي تجعلها تحتوي العالم بكامله ؟ هذه أسئلة لا تستطيع العلوم الطبيعية الإجابة عليها . إنها لا تستطيع الإجابة عليها بقدر ما لا نستطيع نحن معرفة ما كنا نشعر به قبل ولادتنا . بما أن علوم الطبيعة قد أصبحت ممكنة مع وبسبب هذه القواعد لذلك لا تستطيع أن تسأل عن أسبابها ذاتها . هنا تصطدم هذه العلوم بعتبات ملموسة معطية مسبقاً لا قبل لها بتفسيرها .

بذلك تنتفي ذرة الهيدروجين والقوانين الطبيعية أن تكون موضوعاً لعلوم الطبيعة . إنها إشارة واضحة ، عندما ننظر اليها بدون أحكام مسبقة ، الى أن لعالمنا منشأ لا يمكن أن يكون فيه ذاته .

من ناحية التسلسل الزمني كانت أول نتيجة للخواص المدهشة لذرة الهيدروجين هي نشوء ما لا يقل عن ٩١ عنصراً آخر (أثقل وأعقد تركيباً) . نستطيع هنا أن نخرج من اعتبارنا العناصر الثقيلة جداً اللامستقرة التي نشأت مرحلياً ولعمر قصير . لقد شرحت في موقع آخر كيف نشأت هذه العناصر الواحد والتسعون وسأعيد هذا باختصار . حصلت العملية في مركز الشموس الاولى التي نشأت من الغيوم الهيدروجينية البدئية . تشكلت العناصر الثقيلة شيئاً فشيئاً في داخل هذه الشموس ثم انتشرت ثانية في الفضاء على هيئة غبار كوني نتيجة انفجارات هائلة في الشموس ذاتها . بعد مرحلة طويلة من التطور تشكلت من هذا الغبار ، الذي كان يحتوي جميع العناصر الموجودة اليوم ، المنظومات الكوكبية ، أي شموس تدور حولها أجرام متبردة أصغر منها .

إننا نكرر هذه الأفكار مرة اخرى باختصار لأنه من المهم عند النقطة التي وصلنا اليها الآن أن نتذكر أن هذه التطورات أيضاً ليست سوى النتائج التي ترتبت على خواص الهيدروجين بصورة «طبيعية تماماً» . تعني كلمة «طبيعي» هنا أن ما حصل كان ، طبقاً لقوانين الطبيعة وبتأثيرها ، يجب أن يحصل . وهذا ينطبق على مجرى التطور اللاحق حتى نشوء الأرض وينطبق على تبرد قشرتها وتوهج باطنها وعلى البراكين الناتجة عن ذلك . ترتب على هذه الخطوات بدورها وبصورة حتمية نشوء الغلاف الجوي الأرضي البدئي والمحيطات الاولى .

مهما كانت الحالة على سطح الأرض الاولى في هذه المرحلة متنوعة ومعقدة بما فيها من مياه ويابسة ، رياح ومناخ ، تعدد وتتابع الفصول بسبب الوضع المائل لمحور دوران الأرض ، تعاقب الليل والنهار ، فما من أحد سيميل الى المطالبة بتفسير «فوق طبيعي» لهذا التنظيم المدهش ، لهذه البنية المتداخلة والمتشابكة التي نشأت سابحة في الفضاء ، لأن كل خطوة من التطور حتى هذه المرحلة تنتج بوضوح لا لبس فيه عن الخطوة التي سبقتها بمجرد تطبيق «قواعد اللعب» ، أي قوانين الطبيعة ، عليها . عندما نفترض الوجود المسبق للهيدروجين بما له من خواص مذهلة ونضيف اليه قوانين الطبيعة يبدو كل التطور اللاحق ، بمجرد توفر الزمان والمكان بدرجة كافية ، حتمياً لا بدمنه . لذلك فإن «الأعجوبة» تكمن في شروط الانطلاق ، أما التطور ذاته فهو «طبيعي» جداً .

عندما نضع أمام أعيننا هذا القدر الهائل من التنظيم وهذا التعقيد الكبير للبنى والظواهر على سطح الأرض الاولى (لنتذكر مثالاً واحداً من هذه التعقيدات هو مؤثر يوري) سنكتشف الطمأنينة البالغة التي ننظر فيها لهذا النوع من «الطبيعية» . ستبقى هذه الطمأنينة قائمة على الرغم من أن أغلب الناس يصرون بعناد على أن الخطوة التالية لا يمكن أن تحصل بالتطور «الطبيعي» . غير أن الخطوة التالية من التطور ليست سوى متابعة «اتحاد وحدات أصغر» من المادة حتى الوصول الى البنى ذات الصفات التي تجعلنا نطلق عليها تسمية «حية» .

ليس من السهل تفسير السبب الذي يجعل كثيرا من الناس يستصعبون هذه الخطوة على الرغم من أنها أيضاً امتداد حتمي لما سبقها . هل يعود السبب في ذلك الى أن ما يحصل هنا هو ظهور شيء «جديد جذرياً» ، ألا وهو الظاهرة التي نسميها «حياة» ؟ لكن هذا الظهور الجديد ينطبق أيضاً على المستويات الأدنى ، لا بل ينطبق على كل خطوة سابقة . وإلا ، هل يستطيع أي منا أن يتصور أن الماء هو اتحاد بين الهيدروجين والاوكسجين ؟ كلاهما غاز شفاف . لكل منهما أيضاً ـ بسبب الخصائص المتميزة لتوزع الكترونات الذرات التي يتألفان منها ـ الميل بأن لا يبقيا منفردين وإنما ليتحدا مع بعضهما البعض . أما الخواص الكهربائية للقشرة الذرية لكل منهما فمكونة بشكل أن كل ذرتين من الهيدروجين تتحدان مع ذرة من الاوكسجين .

يحصل التفاعل بينهما بشغف كبير مطلقاً حرارة . إن الاستعداد الموجود على الأخص لدى الاوكسجين ليتحد بهذا الشكل مع الهيدروجين كبير الى درجة (كلاهما نشيط كيميائياً ، كما يعبر المختصون ، الى درجة) ان التفاعل يحصل بمجرد مدهما بمقدار ضئيل نسبياً من الطاقة . إن العملية بكاملها هي ببساطة احتراق أو «تأكسد» الهيدروجين . أما الناتج ، أي الصفوة الناتجة عن هذا الاحتراق فهي شيء جديد تماماً ، شيء ليس له في تصوراتنا أو في ادراكاتنا الحسية أي تشابه أو أي قاسم مشترك مع العناصر التي نتج عنها . إنه «الماء» .

لنعد الآن الى الحالة الملموسة للروابط الكيميائية التي كانت موجودة في الغلاف الجوي وفي بحار

الأرض الاولى . هي أيضاً لم تكن بأي حال النواتج النهائية لعملية التطور . كانت امكانات حصول اتحادات لاحقة أكثر تعقيداً ، كما سيتبين من عمليات التطور التالية ، لم تزل قائمة على أوسع مدى . كيف تابعت الأمور مسيرتها ؟

كانت أجيال من العلماء قد داخت في هذا السؤال حتى خمسينات هذا القرن . كانوا قد جربوا طرقاً كيميائية معقدة وناقشوا فرضيات أكثر تعقيداً . رغم ذلك لم يتمكن أي منهم أن يكوِّن تصوراً صحيحاً عن الكيفية التي سارت عليها الأمور تاريخياً فعلاً . كانت المشكلة تكمن في تفسير الكيفية التي يمكن أن يكون قد نشأ بواسطتها كل من البروتين والحموض النووية وجميع مكونات الحياة المعقدة الأخرى انطلاقاً من الجزيئات الأساسية البسيطة الميتان والآمونياك والماء وغاز الفحم بدون وجود الكائنات الحية التي تنتجها .

هذا النشوء «غير العضوي» للمركبات العضوية اللازمة للحياة ، هنا كانت المشكلة ، التي بدت وكأنها غير قابلة للحل . كانوا يعرفون أن هذه المركبات العضوية تنتجها اليوم حصراً الكائنات الحية ، الحيوانات والنباتات . لذلك كانوا يحتاجون بإلحاح الى تفسير لوجودها كمقدمة لنشوء الكائنات الحية التي لم تكن قد وجدت بعد .

هنا بدت الأمور وكأنها تسير في طريق مغلق مما جعل بعض العلماء يتراجعون ويشككون بالمقدمات التي انطلقت منها كل هذه الجهود : أي بوجود تفسير طبيعي لخطوة الانتقال من المادة الميتة الى المادة الحية .

في هذا الظرف الحرج قام بالخطوة الحاسمة في عام ١٩٥٣ طالب يدرس الكيمياء في جامعة شيكاغو اسمه ستانلي ميلر . اندفع ميلر نحو المشكلة بطريقة لا مبالية وساذجة قد لا يستطيعها إلا مبتدىء . في مثل هذه الحالات تكون النتيجة في البحث العلمي ، على عكس الرأي الرائج ، خائبة بلا استثناء تقريباً . لكن ستانلي ميلر كان واحداً من الاستثناءات النادرة .

نظراً لصعوبة المشكلة كان علماء كبار ذوو شهرة في الكيمياء العضوية قد حاولوا تحضير المكونات البيولوجية الأساسية بشتى الطرق التي تفوق احداها الأخرى في التعقيد والتشابك . أما ستانلي ميلر فقد سلك طريقاً مختلفاً تماماً . قام أولاً بتأمين المواد التي قيل له أنها كانت موجودة في الغلاف الجوي الأول ، أي أنه أخذ الميتان والآمونياك فقط ، لا شيء آخر البتة ، خلطهما مع الماء ـ والحظ السعيد ـ ثم وضع المحلول في وعاء زجاجي مغلق . كان الآن لم يزل يحتاج الى منبع حراري ، الى مصدر للطاقة . عندما يريد أحد أن يحصل على اتحاد كيميائي يتوجب عليه عادة أن يمد المواد الداخلة في التفاعل بشكل ما من أشكال الطاقة . حتى عود الثقاب لا يشتعل إلا بعد الاحتكاك (يستمد في هذه الحالة طاقة حرارية ناتجة عن الاحتكاك) .

كانت أشكال الطاقة المستخدمة قبل ذاك الوقت في مثل هذه التفاعلات مثيرة للانتباه . لقد أجرى مثلاً في عام ١٩٥٠ عالم الكيمياء الامريكي وحامل جائزة نوبل ميلفين كالفين تجربة مشابهة استخدم فيها كمصدر للطاقة أشعة تؤدي الى التأين ينتجها مسرِّع الكتروني ضخم . صحيح أنه تمكن بذلك من انتاج حمض النمل والدتهيد لكن هاتين المادتين لم تكونا بالطبع من المواد البيولوجية الهامة . علاوة على ذلك فإن

تجربته لم تبرهن شيئاً ، لأن المسرعات الالكترونية لم تكن متوفرة على سطح الأرض الاولى .

أما الطالب ميلر فقد قرر عند اختياره لمصدر الطاقة اللازمة لإحداث التفاعل أن يقلد الحالة الأصلية تماماً بقدر ما هو ممكن . (كان كل تجربته تقوم على أساس أن يوفر جميع الشروط التي كانت سائدة على الأرض آنذاك ثم ينتظر ما ينتج عن ذلك) . ما هي مصادر الطاقة الطبيعية الموجودة على الأرض آنذاك ؟ أول ما يخطر على البال هو الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس وتفريغ الشحنات الكهربائية (البرق أو الصعق) الذي كان آنذاك على الأرجح ، للأسباب التي ذكرناها سابقاً ، شديداً جداً ومتواصلاً . قرر ميلر أن يستخدم تفريغ الشحنات . لذلك وصل وعاءه الزجاجي بخط للتوتر العالي وأمّن ما يلزم لتفريغ شحنات كهربائية قوية مسلطة على المحلول الذي يحتويه الوعاء . بعد ذلك ترك التجربة تعمل لحالها وأغلق مخبره○وذهب الى النوم .

حسب كل ما لدينا من معلومات ، مضت على الأرض عشرات ولربما مئات ملايين السنين ضمن الشروط التي حاول ميلر أن يقلدها في تجربته في وعائه الزجاجي الصغير ، حتى «حصل شيء» . لذلك نستطيع أن نفترض أن هذا الرجل الشاب لم يكن على اطلاع بما فيه الكفاية على هذه الحقيقة . لو لم يكن الأمر كذلك لكان غير مفهوم أن ميلر بعد ٢٤ ساعة لم يستطع أن يقاوم نفاذ صبره ، إذ أنه بعد هذه المدة المضحكة أوقف مولدة التوتر العالي المولدة للصعقات الكهربائية ثم فرغ المحلول المعالج بهذه الصعقات في أنابيب زجاجية صغيرة وبدأ ، معبأ بالأمل ، يبحث عما حصل في هذا المحلول .

مهما بدا الأمر ، ضمن الظروف التي وصفناها ، غير قابل للتصديق ، فإن بحث ميلر لم يكن مكللاً بالنجاح وحسب بل تجاوزت نتيجته حتى أجرأ التوقعات . لقد أدت الطاقة المحضرة بإحداث برق اصطناعي والتي أمدَّ بها هذا المحلول البسيط المؤلف من الآمونياك والميتان والماء خلال ٢٤ ساعة فقط الى تشكل ـ بالاضافة الى سلسلة من الاتحادات الاخرى ـ ثلاثة من أهم الحموض الأمينية دفعة واحدة : غليزين ، آلانين وآسباراجين . هذه الحموض هي ثلاثة من أصل ما مجموعه فقط عشرون حمضاً آمينياً التي تتكون منها جميع أنواع البروتينات البيولوجية الموجودة على الأرض .

يتكون البروتين ، الذي ظل حتى الى ما قبل بضع عشرات السنين «كمادة حياتية» مليئة بالأسرار الغامضة بالنسبة لعلماء البيولوجيا ، من سلاسل طويلة من الحموض الأمينية المعلقة بجانب بعضها البعض . يمكن أن تتألف السلسلة من ١٠٠ حتى ٣٠٠٠٠ حلقة (حمض آميني) مختلفة . سوف نتعرض الى تركيبها لاحقاً ضمن إطار آخر ـ بطريقة أكثر تفصيلاً . نود هنا فقط أن نشدِّد على الحقيقة بأنه من بين جميع الحموض الأمينية الممكنة كيميائياً والتي يمكن تحضيرها مخبرياً يوجد عشرون حمضاً فقط ذات أهمية بيولوجية . جميع الملايين الكثيرة من البروتينات المختلفة التي نجدها عند البشر والحيوانات والنباتات (باستثناء بعض الحالات الشاذة القليلة جداً) تتكون من هذه المجموعة العشرينية من الحموض الأمينية . كما أن جميع الفروق القائمة بين مختلف أنواع البروتينات ، التي تترتب عليها أيضاً جميع الفروق في خواصها البيولوجية ، تتعلق فقط وحصراً بالتسلسل الذي تتخذه هذه الحلقات العشرون من الحموض الأمينية في بنية الجزيئات السلسلية (على شكل سلسلة) لهذا البروتين أو ذاك .

ما من أحد يعلم لماذا يوجد بالضبط عشرون حمضاً آمينياً ، لا أكثر ولا أقل ، كونت منها الطبيعة الأرضية جميع كائناتها الحية . قد نستطيع اليوم أن نذكر سبباً لماذا بالضبط هذه العشرون وليس غيرها هي التي نعثر عليها دائماً في جميع الكائنات الحية الأرضية . تدفعنا استنتاجاتنا على ضوء التطور الذي جرى حتى الآن ونتائج تجربة ميلر الى الظن بوجود احتمال معين لتفسير ذلك .

يبدو للوهلة الاولى وكأنها صدفة هائلة أن تؤدي التجربة التي أجراها ميلر في عام ١٩٥٣ دفعة واحدة الى انتاج ثلاثة من الحموض الأمينية التي تنتسب جميعها الى «مجموعة مواد البناء» التي استخدمتها الطبيعة . كيف نستطيع أن نفسر أنها ليست جميعها أو ليس اثنين منها أوحتى ولا واحداً منها ينتسب الى الصنف من الحموض الآمينية الهائلة العدد ، التي لا نعثر عليها في العضوية الحية ؟ لا نحتاج نظراً لهذه «الصدفة» إلا أن نطبق الوصفة التي نعرفها جيداً والتي ساعدتنا غالباً حتى الآن في الحالات المشابهة . ستظهر لنا نتيجة تجربة ميلر في مظهر آخر فوراً ، عندما ننطلق من الفرضية البسيطة أن الغليزين والآلانين والآسباراجين قد تشكلت في هذه التجربة ببساطة لأن احتمال تشكلها من المواد الداخلة في التجربة وتحت الشروط المطبقة عليها كان كبيراً .

إنه معروف حتى لغير الكيميائي أن بعض العناصر تتحد مع بعضها الآخر بطريقة سهلة وبالتالي فإن نشوء بعض الروابط الكيميائية يكون أكثر احتمالاً من نشوء بعضها الآخر . كل هذا معلل علمياً وله علاقة ببنية القشور الالكترونية التي تحيط بالذرات التي تتفاعل مع بعضها البعض . إن تعبير «التفاعل الكيميائي» أو «الدخول في رابطة كيميائية» لا يعني سوى أن القشور الالكترونية ، المختلفة التركيب ، للذرات المختلفة تترابط مع بعضها البعض . (على الرغم من أن هذا تبسيط لما يحصل فعلاً لكنه يكفي لغرضنا في هذا الكتاب) .

يتم التفاعل بسهولة كبيرة في الحالات التي يكون فيها غلافا الذرتين ، اللتين يجب أن تتحدا مع بعضهما البعض ، متناسبين تماماً . في الحالات الأخرى لا يحصل التفاعل إلا ببطء كبير أو بعد تزويد العملية بكميات كبيرة من الطاقة من الخارج . (هذا هو أحد الأسباب التي تجعل مدرس الكيمياء يسخن انبوب التفاعل على مصباح كحولي عندما يريد أن يشرح لتلاميذه تفاعلاً كيميائياً) . أما بالنسبة لذرات العناصر الأخرى فإن القشور الالكترونية المحيطة بها تكون محكمة الاغلاق الى درجة تصبح معها غير قادرة على التفاعل مع أي عنصر آخر .

كل هذه الأمور معروفة بالنسبة لنا جميعاً وإن كنا قد تعلمناها بطريقة تعبير اخرى . هذه الفروق في «الاستعداد للتفاعل» لدى مختلف العناصر هي مثلاً التي نميز بموجبها المعادن «الكريمة» عن المعادن «غير الكريمة» . فالحديد مثلاً هو معدن غير كريم (نسبياً) لأنه يتفاعل بسهولة مع الاوكسجين («يصدأ») . أما الفضة فهي أكثر خمولاً . «وأكرم» من الفضة ، الذهب . غير أن البلاتين يفوق حتى الذهب في خموله . مثال آخر على ذلك هي الغازات «الكريمة» أو الخاملة (هيليوم ، نيون ، ارغون ، الخ . .) التي يعود السبب في تسميتها كذلك الى أنها لا تدخل عادة مع العناصر الأخرى في روابط كيميائية . لا شك أن إعطاء عنصر ما لقب «الكريم» لأنه خامل كيميائياً يعود الى التصورات السحرية التي كانت تسيطر على الكيمياء (أو

السيا) في العصور الوسطى . من هذا المنطلق نستطيع تفهم منح هذا اللقب لأن العنصر الذي لا يتفاعل كيميائياً يبقى «نظيفاً» وثابتاً (لا يتغير) .

تنطبق نفس الفروق في الاستعداد للتفاعل ، لأسباب مشابهة من ناحية المبدأ ، على روابط الذرات («الجزيئات») التي يجب أن تتفاعل مع روابط ذرية أو جزيئات اخرى . لقد حصلت مثلاً عملية تشكل الحموض الأمينية الثلاثة في تجربة ميلر على مرحلتين : في المرحلة الاولى تحطمت مواد التجربة الأساسية ، الميتان والأمونياك والماء ، بواسطة تفريغ الشحنات الكهربائية ، أي تفككت الى أجزاء أصغر . في المرحلة الثانية اتحدت التناتيف مجدداً مع بعضها البعض . من خلال هذه العملية لا تتشكل المواد الأساسية مجدداً في صيغتها السابقة وحسب (من البديهي ان هذا يحصل أيضاً) وإنما يشكل جزء صغير من التناتيف روابط جديدة من بينها عدد قليل من الروابط الأكبر والأكثر تعقيد .

يتعلق نوع الروابط الكيميائية الحاصلة وكميتها بمدى استعداد هذه النتف الجزيئية للتفاعل مع بعضها ، أي بمدى ميولها المتبادلة نحو الاتحاد . عندما يحصل ستانلي ميلر في تجربته على تلك الروابط الأكبر والتي من بينها ٣ حموض آمينية «طبيعية» ، يجب أن نستنتج أن نتاتيف جزيئات الانطلاق تميل بصورة خاصة ، لأسباب تعود الى تركيبها الذري والجزيئي ، الى الاتحاد مع بعضها بالشكل الذي تنتج عنه هذه الروابط من الحموض الآمينية .

يستخدم العلماء مسابر فضائية تعمل بالراديو باحثة عن مختلف الروابط الكيميائية الموجودة في الفضاء.وقد أشارت المعلومات التي أرسلتها في السنين الأخيرة الى مقدار وشمولية استعداد العناصر الـ٩٢ الموجودة في الكون للاتحاد في الجزيئات التي يدور حولها الحديث هنا . لقد اكتشفت هذه المسابر في الفضاء الحر (أي خارج الغلاف الجوي لأي كوكب من الكواكب) أولاً وجود الرابطة OH (كشقفة من جزيئة الماء المتحطمة) ثم أيضاً الأمونياك والميتان ورابطتين على الأقل من روابط الفحم ـ الكبريت وأخيراً مؤخراً الديهيد الذي يمثل الخطوة التطورية التالية .

إن اكتشاف هذه الروابط في الفضاء ليس وثيقة قاطعة على ميل جميع العناصر الى الاتحاد وحسب بل يشير علاوة على ذلك الى الاحتمال الكبير لنشوء الجزيئات الخاصة التي نتحدث عنها . كما انه بالاضافة الى ذلك يدفعنا الى التفكير بامكانية وصول بعض الجزيئات المتواجدة في الغلاف الجوي الأرضي الأول انه قادمة من أعماق الفضاء . قد يكون بعض هذه الروابط ، الهامة للتطور اللاحق نحو الحياة ، قد تشكّل أولاً في الفضاء ثم انتقل بعد ذلك الى الأرض . حتى لو نظرنا الى الأمور من هذا المنظار فلن تكون الحياة ذاتها قد هبطت من السماء ـ ولكن جزءاً من الروابط الكيميائية التي انطلقت منها سيكون على أي حال قد جاء من هناك .

عندما نعتمد هذه المقولة يكتسب الحجم الهائل للكون أو البعد الشاسع بين النجوم المنفردة أهمية إضافية جديدة . قد يكون هذا الاتساع الكبير مقدمة ضرورية لنشوء الحياة على سطوح الكواكب ، لأن المكان يجب أن يكون واسعاً بما فيه الكفاية ليؤمن «الأرض الخصبة» اللازمة «لانتاج» تلك الكميات اللازمة من الجزيئات التي يحتاجها التطور في الخطوة التي نناقشها . قد لا تنشأ هذه المتكونات الجزيئية

بكميات كافية إلا في المسافات الشاسعة بين النجوم بتأثير الاشعاعات الكونية .

مهما كان انتشارها في الفضاء متباعداً فإن كميتها المطلقة ستكون هائلة نظراً لضخامة الأبعاد الكونية . أما تجمعها حتى تبلغ الكثافة اللازمة لحصول تفاعلات لاحقة فهو أمر لا سرَّ فيه ، إذ أننا نستطيع أن نتصور بسهولة أن هذه الجزيئات تتجمع شيئاً فشيئاً بسبب جذبها خلال ملايين السنين من الكواكب المتواجدة في محيطها الكوني .

تلعب الكواكب في هذه العملية دور المكثف المركزي حيث تجذب شيئاً فشيئاً الروابط المتشكلة في المجال الخاضع لتأثير جاذبيتها مما يؤدي الى تجمعها وإغناء جزيئاتها .

تخبرنا المسابر الفضائية في السنين الأخيرة خلال كل زوج من الأشهر عن اكتشاف روابط كيميائية جديدة في الفضاء الحر تتحسسها بتيليسكوباتها الضخمة . عندما ندرس التقارير الواردة حتى الآن نستطيع أن نتوقع أن السنين القادمة ستؤدي الى اكتشاف روابط أكثر تعقيداً . تقوِّي هذه النتائج الظن بأن العملية التي شرحناها هنا باختصار يمكن أن تكون قد لعبت دوراً هاماً في التاريخ الذي سبق تشكل الحياة الأرضية . مهما كانت الحياة الأرضية قد تطورت بدون شك بصورة مستقلة ونوعية فقد يكون ممكناً انها ، لولا هطول أمطار غزيرة من الجزيئات الكونية على كوكبنا ، ما تمكنت على الاطلاق من تثبيت أقدامها هنا . لولا هذه العملية من «الاغتناء» الجزيئي التي حصلت في الفضاء الواسع لما تمكنت ، على الأرجح ، المركبات البيولوجية من التجمع على سطح الأرض خلال الزمن القصير المتوفر لبلوغ «الكمية الحرجة» التي افترضناها كمقدمة لحصول الخطوة التالية من التطور .

بصورة عامة تقودنا نتيجة تجربة ستانلي ميلر الى جملة من الاعتبارات . تشير أولاً بطريقة مدهشة كم هي بسيطة الطريقة التي تشكلت فيها المركبات العضوية اللازمة للحياة بطريق «لا عضوي» في الغلاف الجوي الأول ، الأمر الذي كان يعتبر حتى ذاك الحين مليئاً بالأسرار الغامضة . نحصل من ذلك في نفس الوقت على الاستنتاج ان الاستعداد النوعي ، أي النزعة الى الاتحاد الكيميائي ، الموجودة لدى المواد المتوفرة عند الانطلاق ، لتشكيل الروابط التي نعرفها اليوم كمكونات للحياة ، كانت كبيرة بصورة متميزة . بتعبير آخر : إن هذه المركبات البيولوجية قد أصبحت وحدها قطع بناء الحياة اللاحقة لأن العناصر التي تشكلت لخلافة الهيدروجين كانت مركبة بشكل أنها فضلت ودعمت نشوءها .

بذلك يزول الغموض عن نشوء مكونات الحياة الاولى ويصبح قابلاً للتفسير بسهولة ويسر . عندما نفترض وجود الهيدروجين بخصائصه المتميزة الرائعة ونضيف اليه قوانين الطبيعة كحقيقة قائمة ـ ليس لدينا أي خيار آخر ـ يصبح نشوء هذه المكونات لا مناص منه . لقد أيدت ذلك بصورة واضحة نتائج البحوث التي أجريت في السنين التي تلت نشر نتيجة تجربة ستانلي ميلر .

نستطيع أن نتصور بسهولة رد الفعل الذي أحدثته تجربة ميلر في الأوساط المختصة في شتى أنحاء العالم . بدأ الباحثون في مخابر لا حصر لها بتقليد تجربة الامريكي الشاب التي بدت على درجة كبيرة من البساطة . من المؤكد أنه كان يوجد بين هؤلاء الباحثين عدد غير قليل لم يصدق ما قاله ميلر ولذلك أعاد التجربة كي ينقض نتيجتها بكشف خلل لا بد أن يكون فيها ، كما كانوا يعتقدون .

لكن النتائج خيبت آمالهم ، إذ ما من أحد من هؤلاء المفتشين حصل على نتيجة سلبية بل أعلنوا جميعهم النجاح . على أثر ذلك بدأ العلماء بتحوير التجربة . راحوا يغيرون شيئاً فشيئاً مواد الانطلاق ويستخدمون مصادر اخرى للطاقة . كانت النتائج ايجابية دائماً : نتجت ، بالاضافة الى روابط كيميائية صدفوية مختلفة ، حموض آمينية ، سكر ، بورين وجزيئات اخرى ، جميعها مواد ينظر اليها الكيميائيون منذ زمن طويل على انها من مكونات الكائنات الحية الموجودة اليوم على الأرض .

كلما تنوعت شروط الانطلاق وطال الزمن الذي يُعرَّض فيه محلول التفاعل للطاقة المستخدمة ، كان عدد الروابط الناتجة عن التفاعل أكبر وأكثر تنوعاً ، بحيث أصبح تعديدها ووصفها بعد بضع سنين من التجريب يحتاج الى مجلدات من الكتب . تحت بعض الشروط المعينة نتج عن تجربة واحدة استمرت عدة أيام أكثر من ٧٠ حمضاً آمينياً مختلفاً .

اكتشف العلماء في أوعيتهم الزجاجية تشكل السكر والآدينين وغيرها من الحموض الآمينية الأساسية ، لا بل إنهم وجدوا البورفيرين (وهو مرحلة كيميائية سابقة لمادة الكلوروفيل أو اليخضور الهامة). وفوق ذلك أعلن بعض العلماء عن التشكل اللاعضوي لمادة آدينوزين تري فوسفات المعروفة لدى جميع الكيميائيين على أنها أهم مصدر للطاقة للخلايا الحية الأرضية . أما عندما ترك اولئك المجربون محاليلهم تتفاعل لمدة طويلة ، فقد حصلوا حتى على المركبات المتضاعفة ، التي هي اتحاد بين الحموض الآمينية ونتف من الحموض النووية ، والتي تشكل قطع بناء الحموض النووية . بذلك نجد أن هذه القطع الأساسية ، التي تشكلت في المخابر تحت شروط بسيطة وخلال زمن قصير وبطريق لا عضوي ، تنزع بدورها الى الاتحاد مع بعضها (مع مثيلاتها) في الجزيئات السلسلية الطويلة ، أي المركبات المتضاعفة ، التي تتألف منها البروتينات والحموض النووية .

كانت المواد الداخلة في التفاعل في جميع هذه التجارب تقتصر على المواد الأساسية التي لم يكن أحد ، حتى ولا أكثر المشككين ، يشك بوجودها آنذاك على سطح الأرض الأولى . كان ميلر قد استخدم الميتان والأمونياك والماء . أما خلفاؤه فقد أخذوا غاز الفحم والآزوت وهيدروجين الزيان وروابط اخرى غير عضوية . تبين في جميع هذه التجارب أن الأمر سيّان من أية مواد انطلق العلماء في تجاربهم ؛ المهم هو أن تحتوي على خليطة من الفحم والهيدروجين والآزوت ، أي تلك المواد التي تشكل القسم الأكبر من أية مادة حية .

تبين أيضاً أن نوع الطاقة المستخدمة لا يلعب دوراً هاماً ، إذ أن الأمور سارت بصورة جيدة عند استخدام الأشعة الضوئية فوق البنفسجية كما عند استخدام تفريغ الشحنات الكهربائية كما فعل ميلر . هناك بعض العلماء الذين استخدموا الضوء العادي ونجحت تجاربهم أيضاً . هناك آخرون توصلوا الى نفس النتائج باستخدام أشعة رونتنجن أو بكل بساطة بالتسخين الشديد فقط . حتى عند تعريض محلول التفاعل الى اهتزازات فوق- صوتية نتجت المركبات العضوية المذكورة وغيرها بأعداد كبيرة . كيفما حاول العلماء تقليد الشروط التي كانت سائدة على سطح الأرض الاولى ، كانوا يحصلون دائماً على جزيئات معقدة كان نشوءها حتى ذاك الحين دون وجود كائنات حية يبدو غير ممكن ليس فقط بالنسبة للأجيال

السابقة من العلماء وإنما أيضاً للعلماء أنفسهم الذين كانوا يجرون هذه التجارب .

من الطبيعي أن التعجب يبقى قائماً لاحقاً كما كان سابقاً من أن المادة بحد ذاتها مكونة أساساً بالشكل الذي يجعلها قادرة على التطور ضمن الشروط التي نعرفها . غير أن ما نبتغي إبرازه وتأكيده هو أن هذا التطور يتم ، كما أشارت تجربة ميلر لأول مرة ، بالطريق «الطبيعي» ، أي أن ما حصل عليه المجربون في أنابيبهم المخبرية يعود حصراً الى القوانين الطبيعية السائدة في هذا العالم .

صحيح أننا يجب أن نعترف أن العلم لم يتمكن حتى اليوم من تحضير جميع المكونات الأساسية للعضوية الحية الحالية ، غير أنه لن يكون منطقياً أن نعتبر هذا سبباً للتشكيك بمبدأ نشوء المركبات العضوية من مواد غير عضوية . علاوة على ذلك فما من سبب يمنع أن ينطبق على المركبات التي لم نستطع تحضيرها مخبرياً بعد نفس ما انطبق على أخواتها من تلك التي تم تحضيرها فعلاً .

نستطيع إذن أن ننطلق من أن سطح الأرض الاولى كان في نهاية هذه الحقبة ممتلئاً بالروابط الكيميائية المعقدة ومن بينها تلك التي نعتبرها اليوم مكونات أساسية للبنى الحية . يجب أن تكون بعدئذ قد بدأت مع هذه الروابط عملية أطلق عليها العلماء منذ بضع سنين اسم «مرحلة التطور الكيميائية» . إن ما حصل في هذه المرحلة من التاريخ كان عملية انتقائية من قبل الوسط المحيط لدفع التطور في اتجاه الحياة .

لم يكن آنذاك قد تشكل بصورة «هادفة» فقط الآدينين والبورينات الأخرى كحلقات سلسلية للحموض النواتية المستقبلية ولم يكن يوجد فقط الحموض الآمينية التي تشكلت منها في مرحلة متأخرة البروتينات المختلفة ، بل إن جميع هذه الجزيئات العضوية الموجودة حالياً ـ وغيرها كثير ـ كانت آنذاك مطمورة تحت كميات أكبر بكثير من مختلف الروابط الكيميائية الأخرى . لكن أغلب هذه الروابط لم يلعب ، على ما يبدو دوراً في عملية التطور التي أدت بعدئذ الى نشوء الحياة .

لقد كان الوسط المحيط هو الذي اتخذ القرار آنذاك باختيار الجزيئات التي انطلق منها التطور اللاحق ويرمي الجزيئات الاخرى جانباً خارج الحلبة . هذه هي العملية التي سميناها انتقائية : تطوُّر تحدَّد اتجاهُه وسرعته من قبل شروط الوسط الذي اختار المواد التي يحتاجها من بين العروض الكثيرة المتوفرة . إننا لا نعرف ـ هذا ما يجب أن نعترف به ـ اليوم سوى القليل عن الطريق الذي سلكه التطور الكيميائي بالتفصيل في هذه الحقبة القديمة من تاريخ الأرض . لكن علينا هنا أيضاً أن نحترس من الحكم المسبق العميق الجذور الذي سيجعلنا هنا أيضاً مندهشين لا نجد تفسيراً لأن تحصل ، من بين الروابط الكيميائية اللاحصر لها التي كانت موجودة آنذاك على سطح الأرض ، بالتحديد تلك الروابط الحاسمة بيولوجياً على الفرصة لأن تتفاعل وتتحد مع بعضها .

من البديهي أن تكون هنا ـ كما نريد أن نتذكر ـ النظرة المعكوسة الى الأمور هي الأصح . فقط انطلاقاً من النقطة المعاكسة لهذا الحكم المسبق نستطيع أن نرى التطور بمجمله وأيضاً الخطوة التي نعالجها هنا ، بصورة مطابقة للواقع وبدون أي تشويه . إن الخيال البشري مهما بدا واسعاً فهو مكوَّن بشكل أنه لا يستطيع أن يتصور شيئاً لا وجود له على الاطلاق . (حتى الكائنات الاسطورية المرعبة لـ ـ هيرونيموس بوش تتكشف عند تدقيقها على أنها تجميع كيفي لأقسام من أجسام حيوانات حقيقية معروفة) .

لهذه الأسباب ليس لدينا أدنى تصور عن أية جزيئات اخرى ، كانت موجودة على الأرض قبل ٤ مليار سنة ، كانت تستطيع أن تكون أيضاً قطعاً لبناء الحياة . كما اننا لا نستطيع أن نعرف أية أشكال كانت ستتخذ الحياة الأرضية (وبالتالي وجه الأرض الذي تصبغه هذه الحياة) فيما لو كانت مركبات بيولوجية اخرى هي التي ربحت السباق وليس تلك التي نعرفها . إن المنطق والاحتمال يؤيدان أن هذه الامكانية كانت متوفرة حقيقة في البدء .

أما عندما بدأت في هذه الحقبة روابط أكثر تعقيداً بالتشكل والتجمع على سطح الأرض ، عندئذ لم تعد لها جميعاً فرص متساوية للبقاء ، بل إن الوسط الأرضي آنذاك ذا الخصائص الفردية المتميزة أيّد بقاء بعضها بينما سعى الى تفكك بعضها الآخر . لا نعرف سوى القليل من التفاصيل حول هذا الموضوع ، غير أننا ، كما نتذكر ، تعرفنا على مثال ، يؤيد ذلك بوضوح ، هو مؤثر يوري ، تلك الآلية التي نشأت بالصدفة التاريخية ، والتي بدأت آنذاك بعملية انتقائية لصالح الحموض الأمينية والبورينات .

أصبحنا الآن نستطيع أن نقول أن الارض قبل ٤ مليار سنة لم تكن ببساطة مغطاة بمختلف الجزيئات ذات التركيب المعقد لبعض منها . كانت كمية هذه الجزيئات على الأرجح وافرة ، لأن مئات ملايين السنين كانت متوفرة لنشوئها . كل هذه المدة كانت تحت تصرف التفاعلات التي استطاعت كما رأينا في تجربة ميلر خلال أيام قليلة أن تنتج كميات مؤكدة من هذا النوع من الروابط . تتيح هذه التجربة ، فوق ذلك ، الظن بأن بعض الجزيئات المعينة ، التي اكتسبت لاحقاً أهمية فائقة كقطع لبناء الحياة ، قد تكون متوفرة منذ البدء بكميات أكبر . يبدو أن نزعة المادة الى الاتحاد في روابط أعلى كانت محبذة ومدعومة من الشروط السائدة على سطح الأرض آنذاك .

ساهم أيضاً على الأرجح في تزايد كمية هذه الجزيئات حقيقة أنها كانت تستطيع أن تنشأ في الفضاء الحر ، وأنها حسب جميع المؤشرات لم تزل تنشأ هناك حتى الآن . لذلك يجب أن تكون منذ ولادة كوكبنا تتساقط عليه كمطر كوني مخصب .

لكن هذا الهطول الجزيئي لم يتجمع هكذا ببساطة الى جانب الروابط المتشكلة على سطح الأرض ذاتها ، بل بدأت منذ البدء عملية انتقائية أدت الى تكاثر جزيئات محددة تماماً . كانت هذه الجزيئات المحددة تماماً هي تلك التي نسميها اليوم مكونات الحياة مميزينها عن جميع الروابط الكيميائية الاخرى الموجودة والممكنة . عندما بدأت الجزيئات البيولوجية ، لهذا السبب ، تتزايد باستمرار على قشرة الأرض الاولى ، تزايد أيضاً الاحتمال بأن تحتك مع بعضها البعض .

لقد مضى وقت طويل حتى وصلت الأمور الى تلك النقطة . كان قد مضى آنئذ عشرة مليارات سنة على نشوء الكون وحوالي ٢ مليار سنة على نشوء الأرض . بعد هذا الوقت الطويل إذن بدأت المركبات ، التي غربلها واصطفاها التطور الكيميائي ، وهي حموض آمينية وبورينات وسكريات وبورفيرين بالتفاعل مع بعضها على سطح الأرض الاولى .

هل ما زلنا نحتاج فعلاً ، عندما نفكر بالتاريخ الهائل الذي مر حتى هذه اللحظة ، الى افتراض عامل فوق طبيعي لكي نفهم أن التطور لم يتوقف دفعة واحدة عند هذه النقطة ؟



٦. طبيعي أم فوق طبيعي؟

ما من أحد يعرف كيف كان مظهر البنية الجزيئية الاولى ، على سطح الأرض ، التي استحقت منحها لقب «حيَّة» . ماذا نعني حقيقة بهذه الصفة ؟ كما هو الأمر غالباً لدى جميع التعاريف المتعلقة بخطوط حدية فإن الإجابة على هذا السؤال ليست سهلة . تواجهنا هذه الصعوبة في جميع الحالات التي نحاول فيها تقسيم مجمل الظواهر الطبيعية تقسيماً منهجياً .

أن يكون الحجر ميتاً ووحيد الخلية حياً ، هذا أمر بديهي لا جدال فيه . لكن التمييز يصبح عسيراً فوراً عندما نقترب من المنطقة الحدية بين الحالتين . المثال المشهور لعرض هذه الصعوبة هي الفيروسات . هل يعتبر الفيروس كائناً حياً أم أنه لم يزل في مجال الطبيعة اللاحية ؟

تتألف الفيروسات ، هذه الكائنات الغريبة ، فقط من خيط طويل لجزيئة سلسلية من حمض نووي ملفوفة ضمن كيس بروتيني كغلاف لها . أي أنها ، بتعبير آخر ، ليست سوى صبغية وراثية منعزلة (مستقلة) محاطة بغلاف واق . ليست جسماً ! إنها من هذا المنظار التجريد الأقصى لما هو حي . وهي غير قادرة على فعل أي شيء ، حرفياً أي شيء ، آخر سوى التكاثر .

غير أن وجودها مقتصر على هذا الغرض الوحيد بشكل أن بنيتها مختصرة الى درجة أنها ، كما هي بدون جسم ، لا تمتلك حتى أعضاء خاصة لهذا الغرض . أما البنية الوحيدة المشابهة للعضو والتي نستطيع بالمجاهر الالكترونية اكتشافها لديها فهي نتوء معقوف على شكل كلّاب مثبت على غلافها . يمنحها هذا النتوء القدرة على الالتصاق بالخلايا الحية وثقب جدارها . عندما يحصل الثقب ينكمش الغلاف زارقاً الجزيئة التي يحتويها في جسد الخلية المغدورة .

بهذا الانجاز الواحد الوحيد يكون المحتوى الحياتي للفيروس قد تحقق . عندئذ تبدأ الخلية ذاتها بسحب هذه الصبغية ، المزروقة في جسدها ، الى جهازها التكاثري . لكن هذا الجهاز لا يستطيع أن يميز بين صبغية وأخرى لذلك يبدأ ، خاضعاً خضوعاً أعمى (وفي هذه الحالة انتحارياً) لبرنامجه الموروث ،

بانتاج الصبغية الفيروسية ، متابعاً ذلك حتى تختنق الخلية المصابة وتنحلّ . وهذا يعطي الصبغيات الفيروسية الجديدة (التي تجهزها الخلية أيضاً ، منفذة أوامر الصبغية الفيروسية ذاتها ، بغلاف بروتيني وبكلّاب للتعلق) الفرصة لأن تهاجم الخلية التالية وهكذا ـ وفي كل مرة لنفس الغرض الواحد الوحيد وهو التكاثر .

مما لا شك فيه أن القدرة على التكاثر ، على انتاج نماذج مطابقة للذات ، هي من الخصائص النوعية للكائنات الحية . لكن الفيروسات اقتصرت على هذه الوظيفة الوحيدة بطريقة تجعلنا لا نستطيع اعتبارها حية . إنها لا تستطيع أن تتكاثر إلا بمساعدة خلية حية ، لأنها اختصرت بنيتها الى حد لا يفوقها فيه أي شيء آخر وبطريقة ترغمها على استعارة الآلية اللازمة للتكاثر من خلية حية .

لهذه الأسباب لا تصلح الفيروسيات بالتأكيد لأن تكون نموذجاً مناسباً عندما نحاول أن نتصور الشكل الذي كانت عليه الكائنات الحية الأرضية الاولى . حتى الى ما قبل بعض من عشرات السنين كان يسود الاعتقاد بأن الفيروسات قد تكون لعبت هذا الدور وقد تكون لم تزل حتى اليوم تمثل الحالة الفاصلة بين ما هو حي وما هو لا حي . أما عندما تعرف العلماء بصورة أدق على «سيرة حياتها» الوحيدة الايقاع وعلى الشروط التي تحقق فيها وظيفتها الوحيدة ، فقد سقط هذا الاعتقاد . بما أن الفيروسات هي كائنات طفيلية تعتمد في وجودها على وجود خلايا حية ، لذلك لا يمكن أن تكون الشكل الأول للحياة . من المرجح أن تكون أشكالاً متأخرة بلغت درجة عالية من التخصص ثم تراجعت الى الشكل الذي هي عليه الآن . لكن الفيروسات تبقى مثالاً معبراً عن الصعوبة التي تواجهنا عندما نحاول ايجاد تعريف يميز بدقة بين ما هو «ميت» وما هو «حي» ـ الأمر الذي يبدو بنا سهلاً للوهلة الاولى ـ وينطبق أيضاً على المساحة الفاصلة بين هذين المجالين من الطبيعة . لقد رأينا لتونا بواسطة مثال الفيروسات كيف أن حتى مفهوم القدرة على التكاثر ، التي تبدو على أنها خاصية بيولوجية نوعية متميزة ، يمكن أن يخيب الآمال ضمن هذه الظروف .

لذلك اتفق العلماء في السنين الأخيرة على معايير تمييز اخرى لكي يتمكنوا من التوصل الى تعريف مقبول لما هو حي . أحد هذه المعايير هو القدرة على «تحويل الطاقة من شكل الى شكل آخر بطريقة منظمة» ، والمعيار الآخر، هو القدرة على «نقل المعلومات ، حول الطريقة التي يحصل فيها التحويل المنظم للطاقة ، الى نظام آخر مماثل» . تشير هذه الصياغة التجريدية الغريبة والمعقدة لهذا التعريف (الذي أخذته من مقال لعالم الكيمياء العضوية الامريكي وحامل جائزة نوبل ميلفين كالفين) بصورة واضحة الى صعوبة المسألة . يعود السبب الحقيقي في هذه الصعوبة ببساطة الى أن هذه التعاريف ، التي تحاول التمييز (أو التفريق) بين ما هو «ميت» وما هو «حي» ، ترسم حدوداً لا وجود لها في الواقع في الطبيعة . إن حدوداً من هذا النوع هي حدود مصطنعة . وهي تنتسب الى شبكة من المفاهيم المتدرجة التي نرميها فوق الطبيعة لكي لا نفقد الرؤية الشاملة عبر خبايا التعدد الهائل للظواهر .

تشبه هذه الشبكة من المفاهيم والتعاريف شبكة الخطوط التي نرسمها على الخارطة لكي نسهل على أنفسنا التوجه (ولكي نتفاهم مع بعضنا على النقاط التي نتواجد فيها) . لكن ما من أحد منا سيعتبر هذه

التقسيمات الشبكية على أنها من خصائص الطبيعة ذاتها أو يحاول البحث عنها على الأرض .

لا يختلف الأمر عن ذلك عند التفريق بين اللاحي والحي . تكمن الصعوبات التي تواجهنا ، عندما نريد التمييز بين هذين المفهومين بالقرب من نقطة الانتقال من حالة للمادة الى حالة اخرى ، في طبيعة المسألة ذاتها . إنها تعود الى أن الحدود ، بالمعنى الواضح لكلمة حدود ، غير موجودة هنا على الاطلاق . أو بصياغة أخرى : إن عدم وجود امكانية لتعريف «الحياة» بطريقة واضحة وشاملة ليست سوى برهان آخر على أن ظهور الحياة على الأرض لم يكن يعني بأي حال من الأحوال ظهور شيء جديد شاذ أو متطرف . لم يكن يعني شيئاً لم تكن بذرة إمكانه قد زرعت منذ البدء . إن «الحياة» هي ظاهرة تم نشوؤها بطريقة صحيحة التسلسل إجبارية المسار وبخط متصل انسيابي لا تدرج فيه لدرجة أن ما من أحد يستطيع أن يحدد النقطة التي «بدأت» عندها .

بغض النظر تماماً عن هذه الصعوبة المبدأية لا نعرف عن أشكال الحياة الاولى ، التي وجدت على الأرض ، سوى القليل من القليل . إذ أن أقدم المستحاثات التي اكتشفت حتى الآن هي عبارة عن بصمات أو فجوات مستحاثية لنوع من وحيدات الخلية النباتية عديمة النواة ، يبلغ عمرها اكثر من ٣ مليارات سنة . تمثل هذه العضويات الحية رغم كل بدأيتها شكلاً حياتياً معقداً ومنظماً بفنية فائقة . حسب معارفنا الحالية لم تزل هناك فجوة ، من وجهة نظر التاريخ التطوري ، بينها وبين مكونات الحياة ، المركبات البيولوجية المتضاعفة ، الناشئة بطريقة لا عضوية . أي اننا لا نعرف الأشكال الوسيطة التي يجب أن تكون قد وجدت بين هاتين المرحلتين من مراحل التطور . يبدو أنها لم تترك أية آثار .

نظراً للظروف التي تحيط بالموضوع فإن هذه النتيجة ليست مفاجئة ، إذ أن الزمن الذي تواجدت فيه هذه الكائنات الانتقالية يعود الى قبل حوالي ٤ مليارات سنة من الآن . لذلك لا عجب في أن يكون إيجاد آثارها صعباً ، هذا إن كان لم يزل لهذه الآثار أي وجود على الاطلاق . من ناحية اخرى تلقى هذه الفجوة لدى البعض جاذبية خاصة إذ أن كثيراً من الناس لا يستطيعون مقاومة التعرض الى السقوط في خطأ النظر الى هذه الفجوة على أنها «الأعجوبة» التي يكمن فيها التدخل فوق ـ الطبيعي ، الذي ، حسب رأيهم ، لم يكن نشوء الحياة ممكناً بدونه .

من يريد أن يتمسك بهذه القناعة لا نستطيع أن ندحض له قناعته بالوقائع الملموسة لأننا لا نملك وقائع ملموسة عن هذه المرحلة الانتقالية . أي أن من يريد أن يتصلب على الرأي بأن قوانين الطبيعة قد ألغيت ، تماماً في الزمن المطابق لهذه الفجوة ، كي تخلي المكان لنشوء الحياة ، فمن العسير تحويله عن هذه القناعة .

غير أن تاريخ الفكر البشري يعلمنا بواسطة عدد لا حصر له من الأمثلة كم هو خاطىء تحميل الإله العزيز أو أية قوة ما ـ وراء ـ طبيعية مسؤولية سد الفجوات بهذه الطريقة . لقد تعرضنا في القسم الأول من هذا الكتاب الى بعض هذه الأمثلة . إن تاريخ الصراع المحزن الطويل بين اللاهوت وعلوم الطبيعة أضعف هيبة ممثلي الكنيسة بالدرجة الاولى لأنهم تمسكوا بعناد ، يصعب تفهمه ، ولقرون طويلة بهذا التكتيك .

كلما فسر العلماء ظاهرة طبيعية ما تصدى لهم اللاهوتيون بقولهم : «لا بأس ، معكم حق ، يبدو أن الظاهرة الجزئية التي فسرتموها قابلة فعلاً للتفسير بطريقة منطقية علمية . ولكن انظروا كم هو كبير العالم ككل . إنكم لا تستطيعون أن تنكروا أنه يوجد عدد كبير من الظواهر والعلاقات التي لن نستطيع نحن البشر ، رغم كل التقدم العلمي تفسيرها أبداً ، لأن الكون ككل يفوق قدرة عقولنا على الاستيعاب لأنه يقوم في نهاية المطاف على سبب ميتافيزيقي (ما وراء طبيعي)» .

هذه الحجة صحيحة الى حد معين وهو أن هذا الكون لا يمكن استيعابه كاملاً على الاطلاق من قبل كائن ليست قدراته العقلية على الاستيعاب سوى تعبيـر عن تكيفه المتخصص حصراً مع الشروط السائدة على جرم سماوي وحيد معين . لكن اللاهوتيين يقعون دائماً ، مراراً وتكراراً ، في الخطأ بأن يتمسكوا بظواهر معينة تقع في مجال الاختبار البشري العام مدّعين انها غير قابلة للتفسير ومقدمين ذلك على انه براهين على الحقيقة الإلهية . هذه الطريقة في البرهان لا تستطيع الصمود حتماً .

لا شك ان جميع المستويات المعرفية مؤقتة وهذا ينطبق أيضاً على الآراء حول التقدم الذي ستستطيع العلوم تحقيقه مستقبلاً والذي ستحققه فعلاً . لذلك فإن من يتمسك مبدئياً بلا امكانية تفسير ظواهر طبيعية معينة عليه أن يتحمل المخاطرة بأن العلم سينقضه مبكراً أو متأخراً . هذه هي التجربة المرة التي توجب على اللاهوتيين في القرون الأخيرة معاناتها المرة تلو المرة .

لم تفدْهم كل المقاومة العنيفة التي أبدوها في شيء ، إذ أرغمهم إصرار العلماء وصمودهم على التخلي عن حصونهم واحداً تلو الآخر . غير أن كل هذا لما كان سيئاً لولا أن اللاهوتيين كانوا في الماضي قد تمسكوا بهذه الظواهر المفسرة الآن وأعلنوها على أنها براهين على حضور الإله في العالم .

بدأت هذه الإنزلاقات اللاهوتية بالإدعاء أن السماء هي بكل المعنى الحرفي للكلمة المقر الذي يقوم فيه العرش الإلهي . كان يتبنى هذه الأفكار عدد لا حصر له من اللاهوتيين والفلاسفة الذين كانوا يستخدمون «عجائب الطبيعة» غير القابلة للتفسير كبراهين على وجود الإله . هناك عدد لا حصر له من الأمثلة نذكر منها النشرة الصادرة عام ١٧١٣ بعنوان : «دلائل الطبيعة على وجود الإله» لمؤلفها فرانسوا فينيلون اللاهوتي الفرنسي الليبرالي وعضو الأكاديمية الفرنسية .

لم يكن فينيلون يمل من توجيه أنظار قرائه إلى غائية جميع ظواهر الطبيعة ، إلى تحركات النجوم وما ينتج عنها من تتابع الليل والنهار ، إلى بنية الكائنات الحية التي تكيفت مع شروط الحياة حتى أقصى تفاصيلها ودقائقها بصورة مذهلة ، إلى خصائص نعمة المطر كماء هاطل من السماء وإلى مهارة النباتات في التكيف مع تبدل الفصول وتتابعها . كل هذا بدا له عجيباً ومليئاً بالعبر لأنه ، كما كان يرى ، ليس له تفسير طبيعي على الإطلاق . أليست هذه دلائل قاطعة على وجود الإله ؟ هل نستطيع أن نتصور معجزات أكثر إعجازاً ؟ هكذا كان فينيلون يسأل قراءه دائماً ودائماً .

لقد مر حتى الآن مائتان وخمسون عاماً على كتابة هذه النشرة . رغم ذلك فإن طريقتها في المحاججة لم تزل تبدو للكثيرين حتى اليوم على أنها معقولة رغم كل ما عانى منها ممثلوها وعلى الأخص اللاهوتيون منهم من تجارب سيئة خلال هذه الفترة من الزمن ، حيث أن علوم الطبيعة كشفت وفسرت كل هذه

العجائب واحدة تلو الأخرى . لقد بين الفلكيون أنه لا يوجد في السماء مكان نستطيع أن نتوقع وجود الإله فيه . أما الكيميائيون فقد بدأوا بتحضير مواد عضوية أكثر تعقيداً في مخابرهم . وأخيراً تمكن «التطوريون» وعلى رأسهم داروين من تفسير غائية التكيف الطبيعي للكائنات الحية مع الوسط الذي تعيش فيه بمساعدة قواعد بسيطة للاصطفاء الطبيعي الانتقائي والطفرات .

إن من يقتدي تحت هذه الظروف بتلك الشخصيات المشهورة متابعاً تمسكه بأن المعجزة مرتبطة بما لا يفسر من قبل العلم وبأن البرهان على وجود الله يتأكد حصراً بهذا النوع من المعجزات ، كان ولم يزل يضطر باستمرار إلى التراجع ، لأن «معجزاته» تندحر واحدة تلو الأخرى أمام تقدم العلم الذي لا يتوقف . بما أن الشخصيات الكنسية كانت تعلن باصرار أن كل معجزة من هذه المعجزات هي برهان على وجود الله فقد تولد حقاً الانطباع وكأن العلم قد جاء لكي «يطرد» الإله من العالم . بهذه الطريقة لفَّ اللاهوتيون أنفسهم حول أعناقهم الحبل الذي بدأ العلماء بشدِّه الآن .

إنني لا أشك مطلقاً بأن التهمة المنسوبة اليوم إلى العلم على أنه معاد للدين تعود بقسمها الأكبر إلى الطريقة غير الموفقة التي انتهجتها الكنيسة في المحاججة . إن من يتبنى الفكرة التعسة بأن الإله لا يتواجد إلا في الجزء غير المفسر من العالم أو ، كما يُدَّعى ، غير القابل للتفسير ، عليه أن يتلقن درساً من العلماء بأن القسم من العالم الذي تبقّى للإله يضيق عاماً بعد عام . انطلاقاً من هذه الطريقة في البرهان نشأ التعبير الجارح عن «أزمة السكن الإلهية» الذي ينسب إلى عالِم الحيوان المعادي للكنيسة أرنست هاكل .

بقدر ما كانت حجج الكنيسة خاطئة فقد انتقلت العدوى إلى علماء الطبيعة حيث وقع كثيرون منهم بخطأٍ مماثل ولكن في الاتجاه المعاكس إذ كانوا كلما احرزوا تقدماً وكلما حصلوا على معرفة جديدة يتضاءل لديهم الاعتقاد بوجود إله أو بوجود حقيقة فوق طبيعية تختبىء خلف واجهة المرئيات . ألم يؤكد لهم اللاهوتيون بأن على المرء ان يعتقد بوجود الإله لأن عجائب الطبيعة تتجاوز حدود العقل البشري؟ ألم يشيروا حتى إلى ظواهر ملموسة معينة يؤكد عدم قبولها للتفسير على وجود كائن فوق طبيعي؟ أما عندما تخضع جميع هذه الظواهر للتفسير العلمي التحليلي فينتج عن ذلك منطقياً أن وجود الإله لم يعد ضرورياً لتفسيرها . «سيدي ، إنني لا أحتاج إلى هذه الفرضية» ، هكذا أجاب العالم لابلاس بكل فخر نابوليون عندما سأله لماذا لم يذكر الله مطلقاً في كتابه الشهير حول نشوء المنظومة الكوكبية .

تكمن أهمية هذا الجواب في معناه المزدوج . لقد كان لابلاس محقاً تماماً في قصده بأن بحث الظواهر الطبيعية سيكون لا علمياً وخاطئاً اذا اعتمد في تفسيرها على تدخل فوق طبيعي بدلاً من البحث بجَلَد عن الترابطات السببية التي تقوم عليها . اي طالما كان يريد ان يقول برده على نابوليون ، ان العلم يستطيع ان يفسر الظاهرة دون افتراض تدخل فوق طبيعي ، كان اعتزازه محقاً ومشروعاً .

غير ان لابلاس كان يعني بجوابه أكثر من ذلك ولهذا السبب نال هذا الجواب كل هذه الشهرة وظلت تتناقله الأجيال حتى اليوم . كان يعتقد ، شأنه شأن معظم علماء عصره ، أن الكون بكامله قابل للتفسير ولذلك لم يعد يعتقد بوجود الإله . لقد نجح اللاهوتيون باقناعه واقناع زملائه ان الواحد منهما ينفي الآخر (اي ان الدين ينفي العلم وبالعكس) .

لم يزل هذا الاستنتاج منتشراً حتى اليوم . عندما سئل قبل عدة سنوات بيتر ميداوار العالم الانكليزي الحائز على جائزة نوبل عما اذا كان يعتقد بوجود الإله أجاب بدون تردد «بالطبع لا ، إنني عالم» . إن السطحية الصارخة في هذه الحجة المقتضبة لا يمكن فهمها إلا عند الأخذ بعين الاعتبار سوء التفاهم القديم الحاصل بين الفريقين والذي يقوم عليه مثل هذا الاستنتاج .

لا شك أن كل هذه الصفعات التي تلقاها اللاهوتيون هي نتيجة لمعالجتهم للأمور عبر أجيال وأجيال بهذه البساطة المغرقة في السطحية . مهما كانت هذه المعالجة قد حصلت انطلاقاً من ايمان صادق ونية حسنة فإنها تبقى ليست خاطئة وحسب بل في منتهى التعاسة أيضاً . لا يحتاج المرء لأن يكون لاهوتياً كي يدرك كم هي عقيمة وعبثية الحجة التي تقوم على الادعاء بأن العالم ينقسم إلى قسمين احدهما طبيعي والآخر فوق طبيعي وأن الحد الفاصل بينهما يتعلق بالمستوى الذي بلغته العلوم الطبيعية في تلك اللحظة من التاريخ .

إن من يرى انه يدافع عن عقيدته ضد العلم بانسحابه مع قناعاته الدينية الى البقية التي لم تفسر من الكون فإنه يتبنى عملياً وجهة النظر بأن الإله لا شغل له إلا في هذا الجزء الذي لم يفسر بعد . عندما اسمع مثل هذه الحجة من فم شخص متدين أجد فيها تحديداً غريباً لمفهوم القدرة الإلهية الشاملة . لماذا يجب ان يكون ما يتمكن عقلنا من ادراكه موجوداً خارج الخليقة؟

ألسنا نواجه ثانية جنون التمركز الانساني الذي يدفع البعض هنا إلى اعتبار الحدود بين الجزء الدنيوي من الكون وبين الجزء الذي يوصف على انه مختلف عنه جوهرياً والواقع في مجال ما وراء الطبيعة ، متطابقة مع حدود قدرة ادمغتنا على الادراك ؟ يجب ان يترك الأمر حراً لكل شخص لأن يرى أو لا يرى ضرورة لافتراض سبب للكون يقع خارج نطاق عالم الاختبار وان يطلق على هذا السبب التسمية التي يشاؤها وأن يستخلص من قراره هذا ما يشاء أيضاً . لكن من يفترض مرة مثل هذا السبب عليه ان ينطلق من انه ينطبق على كامل الكون بغض النظر عن حجم المجال الذي يتمكن الدماغ البشري عند مستواه الحالي في هذه المرحلة من التطور من استيعابه .

من البديهي ان المقصود لم يكن كذلك في الأصل بل ان كل هذا قد حصل ، كما قلنا ، لأن بعض اللاهوتيين قد سطحوا وبسطوا الأمر في الماضي إلى أبعد الحدود ، لأنهم لم يحاولوا اقناع البشرية ، التي بدأ إيمانها يتزعزع ، بالاعتقاد بالله والايمان بوجوده بل حاولوا البرهان عليه . كانت النتائج بائسة ومحزنة . لم يزل أنصار وخصوم الدين حتى اليوم يلجأون عند مناقشة المواضيع الدينية إلى العلم كشاهد على صحة أقوالهم . اننا نرى انه ليس لأي من الطرفين أدنى الحق بذلك . على المتدينين أولاً أن لا ينزعجوا بمقدار شعرة واحدة اذا ما حصل التقدم العلمي ضمن الخليقة . وإلا أين سيحصل؟ اذا كان الخالق الذي تتحدث عنه الأديان موجوداً فإن وجوده لا يمكن ان يتأثر بالمستوى الذي بلغته علوم الأحياء على الأرض في هذه اللحظة من التاريخ .

من الناحية الثانية اذا كانت لأحد العلماء وجهة نظر الحادية فإن هذا حق طبيعي له ومشروع ، لأن ما من أحد يمتلك ما يستطيع نقضه . أما عندما يعتقد هذا العالم انه يستطيع ان يعلل قناعته بالوسائل

العلمية ـ ولو مهما تعددت جوائز نوبل التي يحملها ـ فإنه سيقع ببساطة ضحية للخطأ الفكري الذي تحدثنا عنه .

على من يعتقد ان لديه إحساساً بوجود سر خلف الفجوة ، التي تعاني منها معارفنا بخصوص الأشكال الحياتية الأرضية الأولى ، ان يأخذ كل ما ذكرناه بعين الاعتبار . إن العلم لم يبلغ اليوم بأي حال من الأحوال نهايته القصوى بعد . عندما نضع في اعتبارنا انه لم يمض على بداية التاريخ البشري المتواصل سوى عدة آلاف من السنين وان الطريقة العلمية في التفكير لم تبدأ إلا في القرون الأخيرة من هذا التاريخ ، عندئذ نستطيع أن نتبنى الرأي بأن العلم وبالتالي معارفنا حول أنفسها وحول العالم المحيط بنا لم تزل اليوم في بداياتها الأولى . لذلك من البديهي ان تكون معارفنا ناقصة ومليئة بالفجوات . على ضوء ذلك لا نستطيع بالطبع منع أحد من أن يسد هذه الفجوات في مخيلته بتكهنات تتطابق مع رأيه المسبق وتؤكد ظاهرياً أحكامه المسبقة . أما من ينظر إلى تاريخ العلم حتى مستواه الحالي متحرراً من أية أحكام مسبقة ، كما فعلنا في الصفحات السابقة من هذا الكتاب ، فإنه سيقي نفسه من السقوط في هذا المنزلق .

من الناحية الأخرى فإن نفينا للنقطة المطروحة هنا للمناقشة ليس مطلقاً ، اذ مهما كانت علومنا فتيَّة فإنها قد قدمت لنا فعلاً المعلومات الأولى حول هذه المرحلة القابعة في ضباب الماضي السحيق والتي انتقلت فيها المادة من الحالة اللا حية الى الحالة الحية . في هذا العالم لا يضيع أي شيء . ما من شيء حصل في أي وقت من الأوقات إلا وترك بعد انقضائه آثاراً ما تدل عليه . والمطلوب هو فقط كشف وإيجاد هذه الآثار وتعلم طريقة قراءتها.ومما لا شك فيه ان العلم قد تقدم في هذا المجال في الاوقات الأخيرة بضع خطوات مدهشة .

هكذا اكتشف العلماء في السنين الأخيرة الآثار الأولى لتطور الحياة المبكر قبل ثلاثة ونصف مليار سنة . علاوة على ذلك فقد نجحوا في أن يشتقوا من هذه الآثار المعلومات الأولى التي تبين كيف سارت الأمور في هذه الخطوة الهامة من التطور . ان الصدى الأول الذي بدأنا نسمعه بفضل هذه الدراسات الحديثة حول ذاك الماضي البعيد هو جدال عارم لا رحمة فيه . اما التكنيك الذي استخدمه العلماء لالتقاط هذا الصدى فإنه مذهل ، لكن ما يبعث أكثر على الذهول هو المكان الذي اكتُشف فيه هذا الأثر . إنه الانسان ذاته . كل منا ، وكذلك جميع الكائنات الحية الموجودة اليوم ، بدون استثناء ، يحمل في داخله آثار ما حصل على الأرض آنذاك قبل حوالي ٤ مليار سنة .

* * *



٧. الجزيئات الحية

يوجد في مقاطعة ماري لاند على الساحل الأمريكي الشرقي بلدة صغيرة تحمل اسماً جميلاً هو سيلفر سبرنغ . هناك تقيم مارغريت دايهوف ، في الخمسين من العمر ، متزوجة من فيزيائي وأم لإبنتين يافعتين . من يلتقي مع هذه السيدة لقاء سطحياً قد يتأثر بجذابيتها كأم متزنة لكنه لن يخطر بباله أن من تقف أمامه هي واحدة من أكثر العالمات الأمريكيات عمقاً وأصالة . السيدة دايهوف هي أستاذة في الكيمياء العضوية ورئيسة لقسم بحوث الطب البيولوجي في المعهد الوطني المرموق التابع لمركز العلوم الأمريكي بيتيسدا .

من يزور المخبر الذي تعمل فيه السيدة دايهوف يجد أمامه تجهيزات غير اعتيادية . لا هي ولا مساعدوها يستخدمون أنابيب التفاعل اللازمة عادة لكل مخبر . لا يوجد في مخابر قسم الكيمياء العضوية الذي تديره السيدة دايهوف أية مواد كيميائية ولا أية مستحضرات بيولوجية . أدوات العمل الوحيدة التي يستخدمها فريقها هي حاسب الكتروني حديث عالي الاستطاعة ومجموعات من الآلات الحاسبة الإضافية . إن الجو غير الاعتيادي لهذا المخبر البيولوجي غير الاعتيادي هو نتيجة لخاطرة مثيرة لرئيسته : لا تقوم السيدة دايهوف بدراسة الكائنات الحية وإنما بدراسة التمثل العضوي لأحياء الأرض الأولى المنقرضة منذ زمن بعيد .

قد يبدو هذا الموضوع للوهلة الأولى خيالياً لكن ما قلناه هو الحقيقة ويجب أن يُفهم بالمعنى الحرفي للكلمة . لقد نقلت الحواسب الالكترونية الحديثة هذه المهمة التي كانت تعتبر قبل بضع سنوات طوباوية إلى مجال البحث العلمي الجاد . كانت المقدمة الوحيدة لهذا العمل هي الخاطرة الخلاقة باستخدام الحواسب الالكترونية والاستفادة من سرعتها الحسابية التي تفوق جميع المقاييس البشرية لتحقيق هذا الهدف . حصلت السيدة دايهوف على هذه الخاطرة قبل بضع سنوات وهي تعمل منذئذ مع بعض

المساعدين بجلد في هذه المهمة الجريئة وقد حققت فعلاً بعض النجاح ، حيث أن الاخصائيين في جميع أنحاء العالم أخذوا يتابعون نتائجها باهتمام متزايد .

يقوم حل هذه الأحجية على «التحليل المتتالي لأجسام بروتينية نوعية» . لا شك أن مثل هذا التحليل يتطلب في المخبر الكيميائي أيضاً كفاءة علمية وفنية عالية ، لكن فهم المبدأ الذي يقوم عليه بسيط للغاية . نستطيع لهذا الغرض أن ننطلق من مفهوم تعرفنا عليه سابقاً وهو «عطالة التفاعل» الموجودة لدى أغلب العمليات الكيميائية .

لا شك أن هذه العطالة التفاعلية هي من حسن حظنا لأن عالمنا بدونها ما كان يستطيع البقاء متماسكاً . لو كان الصدأ ينخر الحديد خلال ثوان وكان الأوكسجين يتحد مع الهيدروجين في كل الأحوال وبدون مدّهما بالطاقة ، ولو كانت العناصر الكيميائية والجزيئات الموجودة تتفاعل مع بعضها البعض في كل لحظة بدون أية عوائق ، لعمت سطح الأرض الفوضى الكيميائية الشاملة . لا تستطيع تحت مثل هذه الشروط أية بنية أو أية منظومة من الاستمرار . على العكس من ذلك لو سيطر الخمول التفاعلي الكامل أي لو تألف العالم من «العناصر الكريمة» فقط لكان عالماً لا يخضع للتغيرات ولا يمتلك القدرة على التطور .

نستطيع عند هذه النقطة من التسلسل الفكري الذي نقوم بعرضه أن نلاحظ أن الاستعداد «المتوسط» للتفاعل الموجود لدى معظم العناصر والجزيئات هو إحدى المقدمات الأساسية التي تقوم عليها حياتنا . لولا قدرة العناصر المختلفة على التأثير والتأثر والاتحاد مع بعضها البعض لما حصل أبداً التطور الذي نعتبر نحن البشر احدى نتائجه . بالمقابل فإن حداً أعلى للسرعة التي تحصل فيها هذه التفاعلات لا بد منه كي تتمكن مركبات من النشوء والاستمرار زمناً كافياً لكي تشكل نقطة انطلاق الخطوة التالية .

غير أن سرعة التفاعل «المتوسطة» هي مفهوم نسبي . إننا لا نمتلك أي مقياس موضوعي يمكننا ، بغض النظر عن مدلول هذه السرعة بالنسبة لنا ذاتنا وبالنسبة لاستقرار عالمنا ، من الحكم على السرعة بأنها «عالية» أو «منخفضة» . إننا نحكم دائماً على سرعة الحدوث قياساً إلى «الفترة الحياتية» التي فطرنا عليها .

تنقضي الثانية بالنسبة لنا بسرعة لأن حياتنا ، إذا بلغنا «العمر الانجيلي» ، تحتوي على حوالي ٢,٥ مليار من مثل هذه الثانية . أما المليون عام فهي «طويلة» بالنسبة لنا لأن عمرنا لا يتجاوز واحد إلى عشرة آلاف من هذه المدة . لكي عمرنا متعلق بدوره أيضاً بالسرعة المحددة بحكم قوانين الطبيعة لتشكل وتفكك وتعويض الروابط الكيميائية التي يقوم عليها وجودنا ذاته .

على هذا الأساس فإن السرعة الوسطية التي تتفاعل فيها العناصر والروابط الكيميائية مع بعضها البعض ليست المقياس النموذجي لسرعة جميع التطور في العالم وحسب بل المعيار لما يبدو لنا على أنه «سريع» أو «بطيء» . إننا لا نعرف لماذا تحصل التفاعلات الكيميائية بهذه السرعة بالتحديد وبالضبط وليس بسرعة أخرى . لكن السرعة التي تحصل فيها هذه التفاعلات هي المقياس البدئي لكل الزمن البيولوجي وبالتالي لأعمارنا ذاتها .

أما الآن فلنعد إلى موضوعنا الأصلي . لقد ابتعدنا عنه أقل مما قد يبدو للبعض . إن علاقة الترابط

الالزامي بين الهدف بأن يمنح العضو الحي في مجرى التطور على الأقل استمرارية معينة دنيا وبين سرعة التفاعل الكيميائي المفروضة مسبقاً يضع الطبيعة أمام مشكلة تناقض ظاهري . إن مسألة الاستمرارية ، أي العمر النسبي للكائن الفرد ، تؤهله لانتاج عضوية يجب أن يكون عمرها الإجمالي ، مع مراعاة الفروق بين الأنواع المختلفة ، قصيراً نسبياً ، «قصيراً» بالنسبة لسرعة التحولات الكيميائية .

لكن على الجانب الآخر يحتاج العضو الحي لكي يتمكن من عبور زمن عمره القصير إلى تفاعلات كيميائية شديدة التعقيد لا حصر لها في التنوع والكم ، التي تشكل بمجملها تمثله العضوي والتي عليها بدورها أن تتم ـ بالنسبة لعمره ـ بسرعة هائلة . في هذه الحالة فقط تتأمن المرونة الحركية للعضو الحي وتكيفه المتواصل مع شروط الوسط المتغيرة ومدُّه باستمرار بالطاقة اللازمة من مصادر الطاقة المختلفة المحيطة به .

لهذه الأسباب يتوجب على الطبيعة لكي تنتج عضواً وتحافظ عليه حياً أن تعمل في نفس الوقت بمقياسين زمنيين مختلفين تماماً . عليها أولاً أن تجعل المكونات الأساسية للبنى الحية تعيش فترة كافية مستمرة لكي يتوفر لدى الكائن الحي الزمن اللازم للنمو النضج ولكي يستطيع ، إن أمكن ، اكتساب الخبرة والتكاثر . لولا هذه الوظيفة لتوقف التطور . أما من الناحية الثانية ولتحقيق هذه الوظيفة يجب أن تحصل في الكائن الحي ذاته عمليات كيميائية تفوق سرعتها سرعة التغير الكيميائي «الاعتيادي» بملايين المرات .

لقد سبق ورأينا في مثال مدرس الكيمياء ، الذي يسخن أنبوب الاختبار كي يمكِّن تلاميذه من متابعة عملية حصول التفاعل ، إن تسريع التفاعل الكيميائي ممكن مبدئياً . تقف الطبيعة بالمقابل أمام مهمة احداث التبدلات الكيميائية في الخلية الحية بسرعة أكبر بكثير ضمن حرارة ثابتة هي حرارة الجسم وفي وسط حيادي «مناسب للنُسُج» ، أي أن العمل بمواد معادية كالحموض والأسس مثلاً يجعل العملية غير ممكنة .

هناك أرقام مذهلة تبين كيف تمكنت الطبيعة من تنفيذ هذه المهمة . لقد أصبح ممكناً في السنين الأخيرة قياس السرعات التي تحصل فيها التبدلات الكيميائية العضوية في الخلية . حصل الكيميائي الألماني مانفريد آيغن في عام ١٩٦٧ على جائزة نوبل تقديراً له على هذا الإنجاز . لقد فاجأت الأرقام المقاسة من قبله حتى المختصين من العلماء ، إذ أن هناك تفاعلات ذات أهمية بيولوجية فائقة تحصل خلال واحد من مائة ألف من الثانية . هذا يعني أن هذه التفاعلات تحصل في الخلية أسرع مليون ، أو حتى مليار ، مرة مما يجب أن يكون في الحالة «الاعتيادية» .

إن تسريع التفاعلات الكيميائية إلى هذا المقدار يقع خارج امكانات علم الكيمياء الحالي على الرغم من أن طرقها قد اكتشفت حتى حدود ما هو قابل للتصور . لقد طورت الطبيعة قبل ٤ مليار سنة طريقة تقنية لحل هذه المسألة الذي بدونها لبقي نشوء الحياة غير ممكن . كانت المادة التي استخدمتها الطبيعة للوصول إلى الحل هي ما يسمى «الأنزيمات» . والأنزيمات هي أجسام آحينية بتركيب محدد تماماً وهي تعمل كـ «محرضات» . يقصد الكيميائيون بهذا التعبير تلك المواد الكيميائية التي لديها القدرة على إحداث

التفاعل الكيميائي أو على تسريعه دون أن تدخل هي ذاتها في الروابط الجديدة الناشئة . تؤثر المحرضات ، التي منها مثلاً الإينزيمات ، (يوجد أيضاً محرضات غير عضوية) بمجرد تواجدها . أما هي ذاتها فلا تتغير ولا تُستهلك . مجرد حضورها يكفي لإحداث تفاعل ، خلال جزء من عشرة آلاف من الثانية ، ما كان ليحصل ضمن الظروف العادية بأي حال من الأحوال . هناك خاصة أخرى مدهشة لهذه المحرضات الكيميائية ، أو لهؤلاء «الوسطاء» هي أن الكمية من هذه الأنزيمات اللازمة لإحداث تفاعل معين ضئيلة بصورة لا يتصورها العقل . في الخلية تكفي عادة بضع جزيئات منها .

مهما بدت هذه الخواص مدهشة فإنها لم تعد منذ بضع سنوات مبهمة . لقد وصلت علومنا الكيميائية اليوم إلى مستوى أصبحنا معه نعرف كيف يحقق الأنزيم هذه الانجازات المدهشة دون أن يستهلك ذاتَه . تحصل العملية بأن يرتبط جزيء من الإنزيم للحظة قصيرة جداً مع جزيء من المادة المتوجب تفاعلها . لقد سبق وذكرنا أن الروابط الكيميائية بين المواد المختلفة تحصل بالاتحاد الكهربائي للقشور الالكترونية لأغلفة الذرات أو الجزيئات المشاركة . على هذا الأساس يتعلق الاستعداد وبالتالي السرعة التي يحصل فيها هذا الاتحاد ببساطة بمدى تطابق وتلاؤم حالات الشحن الكهربائي في أغلفة ذرات مادتي التفاعل مع بعضها البعض .

بذلك يكمن كامل سر تأثير الأنزيم في أنه يغير الحالة الكهربائية في غلاف مادة التفاعل ، إذ أن حالته الكهربائية هو بالذات مكونة بشكل أنه يؤثر على حالة غلاف مادة التفاعل ويضعها تماماً في الحالة التي تناسب الاستعداد الفيزيائي أو الكيميائي الأمثل للتفاعل . يحصل كل هذا بالسرعة التي تحصل فيها العمليات الكهربائية أو تغيرات الشحن الكهربائي وهي مبدئياً سرعة الضوء .

هذا يعني ، في الأبعاد الصغيرة التي تدخل هنا على المستوى الجزيئي في العملية ، إن الشحن الكهربائي في غلاف مادة التفاعل يتغير خلال واحد من مليون من الثانية فور ما يرتبط بها الأنزيم . لكن منذ هذه اللحظة تصبح مادة التفاعل على درجة من الاستعداد للاتحاد تطابق الحالة القصوى الممكنة ، وفق قوانين الطبيعة ، بالنسبة لها على الإطلاق . بناء على ذلك وخلال جزء من مائة ألف من الثانية يحصل ، في حال وجود الشريك المناسب للتفاعل ، الاتحاد بين المادتين المشاركتين . غير أن لهذا الاتحاد نتيجة أخرى على درجة عالية من الدهاء وهي أن جزيئة الأنزيم تفقد مكانها على غلاف الجزيئة الجديدة التي صنعتها هي نفسها وتصبح زائدة . لذلك تنفصل عن غلافها دون أن يحصل عليها أي تغيير وتصبح جاهزة فوراً لإعادة نفس العملية وبنفس السرعة مع مادة تفاعل جديدة .

تشكل التفاعلات «المحرضة انزيمياً» بهذه الطريقة الأساس الذي يقوم عليه التمثل العضوي ، أي مجمل العمليات التي تقوم عليها «الحياة» . إنها تمكن من قيام الحالة المتناقضة ظاهرياً ، التي يكتسب فيها الكائن الحي المؤلف من مكونات كيميائية استقراراً (مؤقتاً) على الرغم من أن تفاعلات كيميائية متواصلة ومتتابعة تحصل بسرعة هائلة بينه وبين محيطه من جهة وفي داخله ذاته من جهة أخرى .

عندما نريد أن نفهم كيف تسير الأمور في داخل كائن حي ، وليكن جسمنا ذاته مثلاً ، نبدأ عادة بدراسة وظائف أجزائه أو «الاعضاء» وعلاقاتها ببعضها البعض . ندرس الكيفية التي تتمكن الرئة

بواسطتها عن طريق التنفس من تزويد الشعيرات الدموية المنتشرة فيها بالهواء الجديد مرة تلو المرة وباستمرار . نستطيع بالبحوث الكيميائية أن نتأكد أن الدم المتدفق من الأمعاء الدقيقة إلى الكبد يحمل المواد الغذائية التي يعالجها الكبد كيميائياً ويخلصها من نواتج الهدم الضارة . ونكتشف أخيراً أن النظام الوظيفي لكل هذه الأجزاء وتعاونها المنسجم يتحقق عن طريق القيادة المركزية للدماغ الذي يوفق بين جميع الوظائف المنفردة ويوحدها في كل متوافق نحو الخارج والداخل بواسطة التهيج العصبي المنقول كهربائياً وبواسطة مواد كيميائية لنقل المعلومات تسمى الهرمونات .

كانت هذه أيضاً في تاريخ الطب والبيولوجيا المرحلة الأولى من الفهم . غير أنه لم يمر زمن طويل حتى لاحظ الناس أنهم لم يحققوا كثيراً من المعرفة بما كشفوه على هذا المستوى . كيف ينتقل الأوكسجين من الهواء إلى الدم الذي يوزعه في جميع أنحاء الجسم ؟ ماذا يحصل فعلاً في الكبد ، ماذا نعني بشكل ملموس عندما نقول إن الكبد يخلص الغذاء من النفايات ؟ كيف يعمل الدماغ وكيف يبلّغ التهيجات العصبية إلى جميع مناطق الجسم ؛ من أية نقاط تنطلق هذه الأوامر المختلفة التي يسيطر بواسطتها هذا العضو القائد على وظائف جميع الأعضاء محققاً الانسجام بينها ؟

اكتشف البيولوجيون عند متابعتهم لهذه الأسئلة بواسطة المجاهر خلف الأشكال المرئية الدقائق على مستوى الخلية التي لا ترى بالعين المجردة . تبين أن جميع الأعضاء وجميع النسج تتألف من خلال مجهرية صغيرة . لكن أهم اكتشاف كان يكمن في أن كل عضو يتألف من خلايا ذات نوعية خاصة متميزة لا تقبل التبديل ، حيث أن عينة صغيرة جداً ، عملياً خلية واحدة ، تكفي لكي يعرف المختص ما إذا كان ما يدرسه هو قطعة من الكبد أو عينة من الرئة أو خلية من الدماغ مثلاً .

غير أن هذا أدى إلى استنتاج مُرْض إلى أقصى درجات الرضى وهو أن لخلايا الأعضاء المختلفة أشكالاً مختلفة ومظهراً متميزاً مختلفاً لأن على كل منها أن تؤدي وظيفة تختلف تماماً عن وظيفة الأخرى . لقد توغل العلماء باكتشافهم الخلية إلى الأبعاد المختبئة خلف الواجهة المرئية للأعضاء («المستوى الخلوي») ، الأمر الذي مكنهم ليس من إدراك الوظائف التي تقوم بها الأعضاء المعينة وحسب بل وفوق ذلك من إدراك الكيفية التي تتم فيها هذه الوظائف .

بذلك انفتح أمام أعين علماء البيولوجيا المندهشين عالم واسع جديد . لقد شاهدوا كيف تتلامس الخلايا الدموية المتحركة في الشعيرات الدموية الدقيقة المنتشرة على سطح الرئة الخارجي مع الغشاء الرئوي الرقيق الذي يعبر سطحه من الجانب الآخر هواء الشهيق الذي يحتوي الأوكسجين . شاهدوا في مجاهرهم كيف تتقلص الخلايا العضلية وكيف أن آلاف وآلاف من هذه الخلايا تصطف بجانب بعضها البعض في صفوف متوازية تماماً لكي تتعاون على تنفيذ الأمر الذي وصلها من العصب الممتد عبرها . شاهدوا كيف تنتظم خلايا الكبد على شكل مصافٍ غدية أنبوبية تصب الأوعية الدموية في نهاياتها الخارجية المواد الغذائية بينما تقوم القناة الغدية في الوسط بفصل الشوائب الناتجة عن التصفية وإعادتها عن طريق

المرارة إلى الأمعاء ثانية . واكتشفوا للخلايا العصبية أذرعاً يبلغ طولها حتى نصف متر تستطيع أن تصل إلى كل نقطة من نقاط الجسم وتجري فيها الإشارات الكهربائية التي ترسلها «المراكز المخية» .

قدمت هذه الاكتشافات على هذه المستويات الجديدة للعلماء فهماً جديداً تماماً لما هي «الحياة» . عند النظر عبر المجاهر تبين لهم أن حياة الكائنات المرئية من بشر وحيوانات ونباتات هي محصلة لتعاون عشرات لا بل مئات مليارات الخلايا المنفردة غير المرئية التي تخصصت في وظائفها تخصصاً عالياً لدرجة أن أيّ منها لم تعد قادرة على الحياة منفردة . أصبحت المهمة الجديدة للعلماء الآن هي فهم وظائف الخلايا المنفردة وطريقة تعاونها لأن المجال المرئي من العالم لم يقدم تفسيراً للحياة . بدا لهم آنذاك أن من يستطيع أن يعرف لماذا وبتأثير أية عوامل تمكنت هذه الخلايا اللاحصر لها ، والتي تولدت جميعها لدى كل كائن حي منفرد من خلية واحدة (بويضة) ملقحة ، من أن تتطور تطوراً هادفاً إلى كثير من الأنواع المختلفة من الخلايا العالية التخصص الوظيفي ، من يستطيع تفسير كل ذلك يكون قد ملك سر الحياة .

لم تزل مسألة التنوع الخلوي هذه بدون حل حتى اليوم . لكن علماء البيولوجيا اكتشفوا أن سر الحياة لا يمكن تفسيره على المستوى الخلوي أيضاً . إذا كانت دراسة الخلية تكفي لفهم وظيفة العضو فإن هذا لا يعني البتة أننا نكون بذلك قد بلغنا نهاية المطاف لجميع التساؤلات . إذ كيف تعمل الخلية ذاتها؟ كيف تنجز مهامها وما هي العوامل التي تنظم وظائفها المتعددة في كل واحد منسجم ؟

اكتشف العلماء أن عليهم أن يغوصوا إلى أعماق أبعد ، إلى ما تحت المستوى الخلوي ، الذي هو نفسه لا يُرى إلا بالمجاهر ، إذا أرادوا أن يجدوا أجوبة لهذه التساؤلات . كانت هذه الفكرة هي بداية ما يسمى اليوم «البيولوجيا الجزيئية» . كانت الشريحة التالية الأعمق التي أمل العلماء أن يتعرفوا بواسطتها على الأساس ، الذي يقوم عليه وجود الخلية المنفردة وعلى الكيفية التي تؤدي فيها وظيفتها ، هي الجزيئة . هنا في هذا المجال الواقع بعيداً تحت مستوى الخلية يجب أن تحصل جميع العمليات التي تقوم عليها جميع أنواع الحياة بكل ما لهذه الكلمة من معنى . بما أننا لا نعرف حتى اليوم أي شيء حول الشريحة الواقعة تحت هذا المستوى فإنه سيكون مشروعاً أن نفترض بأن جميع المسائل والتساؤلات المتعلقة بالحياة ستكون في هذا المستوى قابلة للصياغة بشكلها النهائي والأخير .

لم تزل «البيولوجيا على المستوى الجزيئي» أو («البيولوجيا الجزيئية») اليوم في بداياتها. لكن خطواتها الأولى قدمت لنا أفكاراً انقلابية . وهذه أيضاً هي إشارة إلى أن البحوث البيولوجية هنا قد بلغت فعلاً المستوى الأخير الأساسي حقاً لكل أنواع الحياة . بالإضافة إلى اكتشاف الشيفرة الوراثية («تخزين» مخطط بناء الكائن الحي وخصائصه الموروثة في جزيئات محددة [«جينات» أو «مورّثات»] في نواة الخلية)، ثم أيضاً كشف طريقة عمل الاينزيمات .

إننا لا نعرف اليوم أين يكمن سر «التفاعل المحرض أنزيمياً» وحسب بل نعرف في عدد من الحالات تركيب الأنزيم ونعرف تلك الخصائص المتميزة في تركيبه التي تمنحه قدرته التحريضية . علينا أن نعالج

هذا الموضوع بتفصيل أكثر دقة . سوف نتعرف عندئذ ليس فقط على الخط الأقصى الذي بلغته بحوث الحياة حتى اليوم ، بل سنختبر أيضاً ، كما سبق وقلنا ، بصورة غير مباشرة شيئاً عن نشوء الحياة ، شيئاً عما حصل آنذاك على الأرض قبل زمن لا نستطيع تصوره ، قبل ٤ مليار سنة .

سنستطيع بعدئذ ليس فقط فهم كيف أن السيدة دايهوف تمكنت بمساعدة أجهزتها الحاسبة من معرفة شيء عن التمثل العضوي لأنواع من الحيوانات المنقرضة بل سنصادف إمكانية تبدو خيالية لكنها قد تصبح حقيقة مؤكدة في المستقبل البعيد وهي أننا قد نتمكن في مخابرنا من تحضير حيوانات العالم الأولى ، الديناصورات ، والطيور الأسطورية الأولى ولربما أيضاً أسلافنا البرمائية ونتمكن بذلك من اجراء الدراسات التجريبية المباشرة على التاريخ البدئي للحياة الأرضية .



٨ . الخلية الأولى ومخطط بنائها

ليست الأنزيمات ، شأنها شأن جميع الأجسام الآحينية الأخرى ، سوى جزيئات سلسلية من الحموض الأمينية. أما الحموض الأمينية التي تمثل الحلقات المنفردة لمثل هذه الجزيئات السلسلية فهي بدورها على شكل سلاسل قصيرة . لكن الحلقات الحمض ـ آمينية في جزيئة الأنزيم ليست مصطفة طولانياً بجانب بعضها البعض وإنما «مشكوكة» عرضانياً بحيث تنتصب نهاياتها دائرياً في جميع الاتجاهات كشعر الفرشاة التي تستعمل في تنظيف القوارير . وبما أن النهايات هي نهايات لحموض آمينية مختلفة فإن أغلفتها تكون تبعاً لذلك ذات شحنات كهربائية مختلفة . غير أن الشحنات الكهربائية المختلفة إما أن تتنافر أو تتجاذب .

تؤدي هذه القوى الكهربائية الدافعة والجاذبة الموزعة بصورة غير منتظمة على كامل طول السلسلة الإنزيمية إلى جعل الإنزيم لا يمتد كخيط نظيف وإنما يتعرج ككبة الخيطان التي تبدو وكأنها مشربكة . بهذه الطريقة من التعرج تقترب فجأة من بعضها البعض حموض آمينية محددة تماماً كانت مواقعها في الحبل الجزيئي في الأصل متباعدة . لهذا التكبب نتيجة ذات أهمية حاسمة بالنسبة لتأثير الإنزيم ، لأن الحموض الآمينية المقتربة من بعضها بهذه الطريقة تشكل ما يشبه «كلمة التعارف» أو («كلمة السر») للجزيئة الانزيمية أو «مركزها النشط» .

أية حموض آمينية من أصل العشرين حمضاً التي تتعامل معها الطبيعة تشكل المركز النشط للأنزيم وبأي تسلسل تنتظم هناك ؟ جواب هذا السؤال يحدد «الخاصية النوعية» أو «اختصاص» الانزيم ، أي يحدد مع أية مواد يستطيع أن يرتبط وأية تفاعلات كيميائية يحرض مع هذه المواد . لقد ذكرنا حتى الآن فقط أن الأنزيم يستطيع أن يسرّع التفاعل الكيميائي تسريعاً عالياً . نضيف الآن إلى هذه المهمة المدهشة مهمة بيولوجية أخرى لا تقل عنها أهمية تتعلق بالخاصية النوعية أي باختصاص كل أنزيم . يختلف تركيب المراكز النشطة للأنزيمات اختلافاً كلياً من حالة إلى أخرى.ويمكننا لغرض الإيضاح تشبيهها بالاختلافات

الموجودة بين أسنان مفاتيح الأمان المعقدة المختلفة . كل مفتاح من هذه المفاتيح يناسب حصراً قفلاً واحداً فقط لا يمكن فتحه إلا به . أما الأنزيمات فهي مفاتيح التمثل العضوي ، إذ يؤثر كل واحد منها على مادة تفاعل واحدة محددة تماماً ويخطو معها خطوة كيميائية وحيدة محددة تماماً أيضاً .

يوجد أنزيمات لا عمل لها البتة سوى نقل الأوكسجين . هناك أنزيمات أخرى تؤمن ترابط حموض آمينية محددة تماماً بتسلسل محدد تماماً أيضاً (وتؤدي بذلك إلى نشوء أجسام آحينية معينة) . وهناك أنزيمات تساعد على تشكل جزيئات الحموض النووية . وغيرها تقوم بنقل الهيدروجين أو مجموعات كاملة من الميتيل CH_3 . ويوجد أنزيمات أخرى تساعد على انشطار جزيئات النشا أو على تغيير الشكل الفراغي لجزيئات أخرى بطريقة محددة تماماً وذات أهمية بيولوجية فائقة .

مما لا شك فيه أن لهذا التنوع في الاختصاصات ، الذي يؤدي إلى وجود أنزيم خاص لكل تفاعل بيولوجي يستطيع هو وحده تحريضه وبالتالي إحداث التغير الكيميائي على مادة تفاعل واحدة محددة ، سبباً قابلاً للكشف بسهولة . لا نحتاج إلا أن نفكر قليلاً بالظرف البيولوجي الملموس الذي يتوجب على الأنزيمات تنفيذ مهمتها فيه . علينا أن نعلم أن قطر الخلية المنفردة لا يزيد وسطياً عن واحد من عشرة من الميليمتر . في هذا الحجم الضئيل يجب أن تحصل في كل ثانية مئات وآلاف التفاعلات الكيميائية بجانب بعضها البعض دون أن يضايق أي منها الآخر .

يتم تفكيك سكر العنب والعودة به إلى حمض اللبن ، حيث يتحرر جزء من الطاقة التي تنجز بها عضلاتنا عملها ، في ما لا يقل عن احدى عشرة خطوة كيميائية متتالية مختلفة ؛ وتحصل كل خطوة من هذه الخطوات بتأثير أنزيم خاص معين . لا شك أن ما تصرفه الطبيعة هنا كبير جداً . لكن ما هي الامكانات الأخرى المعقولة التي تتيح حصول مثل هذا العدد الكبير من العمليات الكيميائية المعقدة في وقت واحد بطريقة منظمة في هذا المكان الضيق ؟

يعرف البيولوجيون اليوم أكثر من ١٠٠٠ أنزيم وجميعها سلاسل مكونة دائماً من نفس الحموض الأمينية العشرين . الشيء الوحيد الذي يفرقها عن بعضها هو التسلسل الذي تصطف بموجبه الحموض الآمينية العشرين مشكلة سلسلة الجزيئة الانزيمية . غير أن هذا التسلسل للحموض الآمينية يحدد ، بناء على ترتيب الشحنات الكهربائية الناتج عنه ، بدقة فيزيائية الطريقة التي تتعرج فيها الجزيئة السلسلية مشكلة الكبة . لكن هذا بدوره يحدد أية حموض آمينية من الحبل الطويل تتعاون لتشكيل مركز الجزيئة النشط (تحدد الشكل الذي تتخذه أسنان كل مفتاح من مفاتيح التمثل العضوي) . بسبب هذه العلاقة يحدد مجرد التسلسل ، الذي تتشكل فيه حلقات الانزيم الحمض ـ آمينية ، الموقع والطريقة التي يتدخل فيها الأنزيم في عملية التمثل العضوي للخلية .

لذلك يقول البيولوجيون أن التأثير النوعي (الاختصاصي) للانزيم يكون مشفَّراً (مرمَّزاً) في التسلسل الذي تتخذه الحموض الآمينية المركب منها . نستطيع ان نعبر عن نفس المضمون بقولنا ، إن الجزيئة الانزيمية «تخزن المعلومات» ، التي تستطيع بموجبها ان تحدد نوع التأثير والمادة المتوجب احداث التأثير عليها ، في صيغة اصطفاف للحموض الآمينية محدد بدقة تامة .

المستوى الجزيئي هو مجال يقع بعيداً في العمق تحت ظواهر العالم المرئي ولم يمر زمن طويل بعد على تعرفنا على حقيقته. ان الشروط السائدة في هذا الموقع القابع بعيداً خلف واجهة المرئيات اليومية بدأت تتكشف بصورة غير مباشرة لعلماء البيولوجيا الجزيئية منذ بضع عقود من الزمن بعد جهود مضنية وبعد استنباط طرق غنية بالأفكار . لقد تبين ان هنا ، على هذا المستوى الأولي البعيد عنا جداً ، تخزن معلومات متنوعة ومنظمة بطريقة يكون فيها لكل اشارة محددة ، أو تسلسل محدد ، معنى محدد لا ينطبق على الاشارة ذاتها المستخدمة للتخزين (أي ان التخزين يتم بطريقة مرمزة) . لا شك ان هذا الاكتشاف ذو أهمية هائلة لم يتكشف كامل أبعاده بعد . سنعود مراراً فيما بعد إلى التحدث عن مداليل هذه الحقيقة .

لقد أدى اكتشاف المستوى الجزيئي كقاعدة أخيرة لكل العضوية الحية إلى تغيير مفهومنا عن معنى «الحياة» بمقدار لا يقل عما فعله قبل ذلك اكتشاف الخلية . في المرحلة الأولى من المعرفة بدا البشر والحيوانات كنوع من الآلات المعقدة . كانوا يتألفون من أعضاء تم التعرف على وظائفها بعد بحوث طويلة دامت عدة قرون . كان التعاون المنسق بين جميع هذه الاعضاء يشكل الكائن الحي كما تشكل الاسطوانات والمرجل والمكابس والصمامات والجذع المعقوف والشجرة ذات العقد والخ . . . بعملها الايقاعي المنسق الآلة البخارية (وإن كان الأمر لدى الكائن الحي أكثر تعقيداً لكن المبدأ واحد ، هكذا بدا الأمر آنذاك) .

بعد ذلك برز بالضرورة السؤال عن الطريقة التي تعمل فيها الاعضاء المنفردة . نتج عن هذا السؤال اكتشاف تركيبها الخلوي . بذلك تغيرت الصورة جذرياً حيث بدا الانسان والحيوان وايضاً النبات على ضوء هذا الاكتشاف دفعة واحدة على انها محصلة لاتحاد عدد كبير من الخلايا المجهرية الصغيرة ، أو كنوع من المستعمرات التي يحتوي كل منها على عشرات آلاف الخلايا التي وزعت العمل بين بعضها بطريقة عالية التخصص واتحدت في نظام هرمي شديد الانضباط . لقد تضافرت جهود هذه الخلايا التي تشكل مجتمعة هذا الكيان الهرمي لدرجة لم تعد معها اية خلية منها قادرة على الحياة بمفردها .

سيظهر لنا الكائن الحي مختلفاً مرة أخرى عندما نراقبه من منظور المستوى الجزيئي . غير ان هذا لم يعد ممكناً إلا بمساعدة المخيلة ، أي التصور التخيلي ، لأن ما من اداة بصرية ، حتى ولا المجهر الالكتروني ، يمكّننا من مشاهدة نشاط الوحدات التي تتكون منها الحياة العضوية في هذا المستوى . تقوم الحياة هنا على الشريحة الدنيا من الواقع . أما الوحدات التي تتألف منها فهي الجزيئات المنفردة . لا نستطيع ان نتصور مستوى آخر تحت هذا المستوى .

عندما ننتقل بافكارنا إلى هذا المستوى نجد ان «الحياة» هي تعبير عن النشاط المتواصل الذي لا يهدأ لآلاف وآلاف الجزيئات الانزيمية التي تحرض في كل ثانية في أضيق المكان ملايين التحولات الكيميائية . سنجد حولنا غابة ، شديدة التداخل والتشربك ، من الجزيئات السلسلية اللا حصر لها التي ترتبط دائماً مع جزيئات جديدة لمادة التفاعل ، تقوم بتحويلها بسرعة البرق ، ثم تعيد نفس العملية بعد واحد من مائة الف من الثانية مع مادة جديدة وهكذا . قد يتولد لدينا الانطباع للوهلة الأولى بأننا نقف في مركز عالم تعمه الفوضى .

غير اننا عندما نمعن التدقيق ونتمكن من تكوين صورة شاملة عما يحصل نكتشف ان ما يبدو شديد الفوضى يخضع في الواقع لقواعد شديدة القسوة . انه ليس فوضوياً بل يجري بنظام دقيق مذهل بما يشبه تقريباً حركات آلاف الرياضيين الذين يقومون بحركات رياضية مختلفة في ملعب كبير . عندما نقف بينهم نظن ان الفوضى تعم كامل المكان لكننا عندما نراقبهم من مكان بعيد نكتشف ان كل شيء يحصل بايقاع منظم منسق .

بهذه الطريقة المنسقة تحصل النشاطات النوعية لجميع الجزئيات الانزيمية في الخلية بحيث تستطيع الخلية كوحدة وظيفية نشيطة الاستمرار في الوسط المحيط بها . تقوم مجموعة من الانزيمات بمهمة انتاج الجسيمات البروتينية وكذلك السكريات والشحوم وما بينها من الروابط المعينة ، التي تتألف منها الخلية مع جميع اجزائها و «عضيياتها» .

تقوم مجموعة أخرى بتوجيه وقيادة التمثل العضوي في جسد الخلية . تقوم الخلايا المكلفة بهذه المهمة بالمحافظة على استمرار التحولات الكيميائية التي تستمد الخلية منها الطاقة التي تحتاجها . انها تتوسط لاستقبال الجزيئات المولدة للطاقة من الوسط المحيط ، تساعد على تفكيكها في الهيولى الخلوية وعلى تعويض وتبديل اجزاء الخلية التي اصبحت ضارة .

قد نتوصل ، فور ما نتعرف على هذا النظام ، إلى الحكم بأن النشاط الذي لا ينضب لكل هذه الجزيئات اللا حصر لها ليس له في نهاية المطاف سوف غرض واحد هو تأمين الوسط الذي يجعل كل هذه النشاطات تجري بفعالية وبدون اية مضايقات . تحقق جميع هذه الجزيئات مجتمعة ، فيما يشبه الدارة المغلقة ، هدفاً واحداً وحيداً وهو المحافظة على بقائها ذاتها وعلى عملها المنتظم ضد الاخطار الفيزيائية والكيميائية التي تتهددها من قبل عوامل كثيرة مختلفة في الوسط المحيط بها . بذلك تمثل الخلية عند النظر اليها «من هنا من تحت» الوحدة المتكاملة الصغرى الممكنة التي نستطيع ان نضع لها مثل هذه التحديدات تجاه العالم المحيط .

لقد اصبح اليوم أصل النظام السائد في هذا العالم الجزيئي معروفاً ايضاً . إنه يكمن في نواة الخلية . هنا «يتخزن» مخطط بناء الخلية ووظائفها بكل تفاصيله . علينا ان لا نتصور وكأنه يوجد هنا مخطط للخلية وتفاصيلها . لا يوجد في اي مكان من نواة الخلية ما يمكن ان يكون مثلاً صورة للخلية الحقيقية مصغرة إلى مقياس الجزيئة . ماذا ستكون الفائدة لو وجدت مثل هذه الصورة ؟ كيف كان يجب ان يكون المفعول البيولوجي لـ «مخطط» بهذا المعنى الحرفي للكلمة وكيف ستكون ترجمته إلى واقع ممكنة ؟

هنا ايضاً نجد أمامنا مرة أخرى مخططاً بصيغة «رموز» ، أي بصيغة اشارات تعني أشياء لا تتطابق معها ذاتها . هنا ، في نواة الخلية حلت الطبيعة ايضاً هذه المسألة التجريدية بأن خزنت المعلومات اللازمة بواسطة الاصطفاف ، أي بالتسلسل الذي تتخذه الوحدات الاصغر . يحصل ذلك إذن وفق نفس المبدأ الذي نستخدمه نحن في عالمنا ، ذي المقاييس الأكبر بأرقام فلكية ، وبمساعدة وعينا القادر على التجريد ، لتخزين الكلمات والمفاهيم بواسطة الكتابة .

أيضاً بواسطة الكتابة ، في نصوص هذا الكتاب مثلاً ، يتم تخزين المعلومات ذات التنوع اللا محدود

تقريباً بمساعدة عدد محدود من الاشارات (٢٥ «حرفاً») بشكل ان تسلسلاً معيناً للحروف (= كلمات) «يعني» مفاهيم محددة . هنا أيضاً لا تتطابق الاشارات والمعنى بل إن علاقتهما ببعض هي نتيجة لصدفة تاريخية تطورية طويلة .

ليس هناك أي تشابه بين الحرف آ والصوت الذي نطلقه عند قراءته ، أي الصوت الذي يرتبط به . لهذا السبب يتوجب علينا تعلم معناه بعناية في المدرسة . كذلك تسلسل الحروف ط بـ يـ عـ ـة لا يشترك بأي شيء مع المفهوم الذي «نخزنه» بهذا التسلسل . هذا هو السبب لتعدد اللغات لأن نفس المفاهيم يمكن تخزينها بتسلسلات مختلفة للاشارات لا حصر لها . إن عدد الامكانات المتوفرة لترميز نفس المفهوم وفق مبدأ تسلسل معين لخمس وعشرين حرفاً هو من الناحية المبدأية كبير بدرجة فلكية .

على الناحية المعاكسة توفر لنا هذه الحقيقة الامكانية لا ستنتاج وجود قرابة بين اللغات عندما نعثر لديها على تقارب في تسلسل الحروف المعبر عن نفس المفهوم . نظراً للعدد الهائل من الامكانات المتوفرة في اللغة والكتابة لترميز هذا المفهوم فإن التشابه في التسلسل بين أكثر من لغة أو كتابة لا يمكن أن يعود إلى مجرد الصدفة المحضة . بل ان التفسير الوحيد لذلك يكمن في الافتراض بأن الشعوب التي استخدمت ترميزات متشابهة لنفس المفهوم يجب ان تكون قد احتكت مع بعضها تاريخياً لا بل ان هناك احتمالاً بأن تكون ذات أصل مشترك .

من المعلوم ان علماء اللغة قد طوروا انطلاقاً من هذا المبدأ علماً مستقلاً يمكنهم بواسطة الدراسات المقارنة لأصول الكلمات (= تسلسل الحروف) من التعرف على تفرعات الأصول وروابط القربى بين مختلف الحضارات البشرية . إنهم يعيدون اليوم بهذه الطريقة تصميم تفاصيل مثيرة للدهشة للعلاقات البشرية والتبادل الثقافي بين الحضارات المنقرضة منذ عشرات الآلاف من السنين والتي لم تترك فيما عدا ذلك أي أثر على الاطلاق . ان الكلمات هي اليوم ، من هذا المنظار ، «مستحاثات» متبقية من اللقاءات الحضارية ما قبل التاريخية .

لنعد الآن بعد هذا الخروج القصير عن الموضوع (الذي ستدرك أهميته لاحقاً) إلى نواة الخلية التي تحتوي «مخطط» بناء الخلية . كما تعلمنا جميعنا في المدرسة فإن هذا المخطط ، أو مجمل الخصائص الوراثية للخلية ، مخزّن في الجينات (المورثات) التي تتجمع في نواة الخلية مشكلة الكروموزومات (الصبغيات الوراثية) التي يمكن رؤيتها بالمجهر تحت شروط معينة . لقد حقق علماء البيولوجيا الجزيئية انجازاً مذهلاً بأن عرفوا الشكل الذي يُسجل فيه مخطط البناء في هذا الجزء من الخلية . هنا أيضاً وجدوا مرة أخرى «اشارات» يحتوي اصطفافها أو تسلسلها على معلومات حول جميع مكونات وخصائص الخلية . لكن هنا لم تكن الحموض الأمينية ، كما هو الأمر في الانزيمات المؤلفة من بروتينات ، هي التي تشكل الحلقات وانما وحدات جزيئية أخرى هي النوكليوتيدات (النواتيات) ذات المحتوى الأسسي . يطلق الكيميائيون على الجزيئة السلسلية التي تتألف حلقاتها من مثل هذه النواتيات تسمية الحموض النووية .

هنا ، في جزيئات الحموض النووية في نواة الخلية ، يُختزن مخطط بناء الخلية بصيغة ما يسمى «الشيفرة الوراثية» . إن جزيئات التخزين هي بالتحديد الدقيق حموض نوويه ريبيه منقوصة الأوكسجين

د ن س (يشذ عن ذلك بعض الفيروسات التي يتخزن مخطط بنائها في جزيئة حمض نووي -ريبي [ر ن س]) .

تستخدم الأسس الموجودة في الحلقات النوويية كحروف . إذا ما فكرنا بالعدد الهائل لأشكال الحياة نفاجأ للوهلة الأولى بالعدد الضئيل للأسس : إنها فقط أربعة أسس مختلفة ترمِّز الطبيعة بواسطتها خصائص ومظهر جميع أشكال الحياة التي وجدت على الأرض في كل تاريخها الماضي والتي ستوجد عليها في كل تاريخها المستقبلي .

لكن عدد الحموض الأمينية التي تشكل قطع بناء أية خلية حية هو أيضاً فقط عشرون حمضاً ، كما سبق ورأينا . غير أن انتاجها يمكن توجيهه بواسطة تعليمات مركبة من أربعة حروف فقط (طبعاً بترتيبها الكيفي مع جواز تكرار الحرف) عندما نضع في اعتبارنا اننا نستطيع أن نشكل من ٤ حروف ما لا يقل عن ٦٤ كلمة مؤلفة من ٣ حروف .

لقد سلكت الطبيعة بالضبط هذا الطريق ، حيث تستخدم دائماً ٣ أسس («تشفير ثلاثي» اي كل شيفرة تتألف من ثلاث اشارات) لتشفير واحد من الحموض الأمينية العشرين التي تشكل قطع البناء اللازمة . لكن بما أنه من الممكن بواسطة ٤ أسس مختلفة تشكيل ليس فقط ٢٠ وإنما ٦٤ شيفرة ثلاثية مختلفة ، يبقى لدى الطبيعة عملياً ٤٤ شيفرة ثلاثية فائضة .

إنه حقاً لمثير ان نعرف ماذا فعلت الطبيعة بهذا الفائض : لقد استخدمت ٤١ منها لتشفير حموض آمينية معينة تشفيراً مزدوجاً ، أي تشفيرها مرتين ، وأحياناً ثلاث مرات (بالنسبة لهذه الحموض الأمينية يوجد إذن في نواة الخلية رمزان أو ثلاثة رموز لها جميعها نفس المعنى) . سيصيبنا الذهول عندما نعلم ان الطبيعة قد استخدمت هذه الامكانية انطلاقاً من المبدأ القائل : «المدروز مرتين يكون أمتن» ، إذ أن علماء البيولوجيا الجزيئية لاحظوا أن هذا التشفير المضاعف يتركز بصورة خاصة على الحموض الأمينية ذات الأهمية البيولوجية المتميزة .

ماذا بشأن الشيفرات الثلاثية الثلاثة المتبقية ؟ إنها تستخدم للتنقيط (لوضع نقطة بين جملتين) . تماماً وحرفياً ! اننا نجدها في جزيئات د ن س السلسلية الطويلة جداً دائماً في المواقع التي تنتهي عندها تعليمات بناء جسم بروتيني ما ، انزيم مثلاً ، وتبدأ تعليمات بناء بروتين آخر . بفضل هذا التنقيط تستطيع جزيئة د ن س واحدة تتكون سلسلتها من عدة ملايين من الشيفرات الثلاثية أن تحتوي مخططات بناء عدد كبير من الجسيمات الأمينية المختلفة دون ان تتداخل التعليمات المختلفة مع بعضها البعض .

نستطيع ان نلخص ما قلناه عن «الحياة على المستوى الجزيئي» كما يلي : تقوم الحموض النوويية الريبية منقوصة الاوكسجين د . ن . س الموجودة في نواة الخلية بتخزين سلاسل محددة تماماً من الحموض الآمينية في هيئة شيفرات ثلاثية أسسية . وفقاً لهذا النموذج تستطيع الخلية تشكيل جميع الأجسام البروتينية التي تحتاجها لتجديد بنيتها ، وبالدرجة الأولى تشكيل الانزيمات . لكن بما أن تسلسل الحموض الأمينية في الانزيم يحدد ، كما رأينا سابقاً ، في نفس الوقت وظيفتها الكيميائية النوعية (اختصاصها) فإن الحموض

النووية د ن س تحدد تحديداً كاملاً بواسطة الشيفرات الثلاثية الأسسية الممكنة البالغة ٦٤ شيفرة ليس فقط بناء الخلية وإنما أيضاً مجمل وظائفها ونشاطاتها .

نستطيع أن نتبين على ضوء العملية الحسابية التالية ما هي الاحتمالات المختلفة الممكنة عند استخدام «كتابة» مؤلفة من ٤ حروف فقط : تتيح ٤ حروف (أسس) استخدام ٦٤ شيفرة ثلاثية مختلفة . بهذا العدد يمكن تشفير جميع الحموض الآمينية العشرين مرة واحدة على الأقل وتشفير الهام منها لزيادة الأمان أكثر من مرة . لنفترض الآن أن الأنزيم ، الذي ستنتجه الحموض النووية د ن س من هذه الحموض الأمينية العشرين ، يحتوي على ١٠٠ حلقة (حمض آميني) عندئذ يتوفر لخواص الأنزيم ، ضمن الشروط التي شرحناها ، عدد من الامكانات المختلفة يفوق في كبره الأرقام الفلكية مراراً عديدة .

من السهل البرهنة على ذلك . عندما تتوفر الامكانية لترتيب عشرين حمضاً آمينياً مختلفاً ترتيباً كيفياً (حيث يكون تكرار استخدام نفس الحمض مسموحاً) في مائة موقع ، فإننا نحصل ، حسب قواعد الرياضيات الحسابية ، على عدد من الامكانات المختلفة قدره $٢٠^{١٠٠}$. أي أننا نستطيع ، بكلمات أخرى ، ضمن الشروط المذكورة انتاج $٢٠^{١٠٠}$ من الانزيمات ذات التسلسلات الحمض ـ آمينية المختلفة وبالتالي ذات الخصائص البيولوجية المختلفة .

$٢٠^{١٠٠}$ هو عدد يحتوي ١٣٠ صفراً . لا يوجد حتى اسم لهذا العدد الهائل الذي يفوق كل تصور غير أن مقارنة مع الأرقام الفلكية يمكن أن تعطينا فكرة عن ضخامة هذا العدد . مرت منذ حصول البيغ نانغ (الانفجار الكوني الأول) حوالي $١٠^{١٧}$ ثانية . أي أن العدد ١ مع ١٧ صفراً يكفي للتعبير عن عدد الثواني التي انقضت منذ نشوء الكون وحتى الآن .

مقارنة أخرى : يقدر الفيزيائيون عدد الذرات الموجودة في مجمل الكون بـ $١٠^{٨٠}$ ذرة . بذلك فإن عدد الانزيمات المختلفة التي يمكن تشكيلها من ٢٠ حمضاً آمينياً مختلفاً ، في حال كون سلسلة كل أنزيم مؤلفة من ١٠٠ حلقة ، يزيد بالتأكيد عن عدد الذرات الموجودة في مجمل الكون أضعافاً وأضعافاً مضاعفة تفوق التصور .

على هذا الأساس لا توجد اذن اية صعوبات في ان نتصور انه من الممكن ضمن الظروف المتوفرة تخزين الاستعدادات الوراثية والخصائص ، والوظائف والتركيب لجميع الكائنات الحية ، التي وجدت على الأرض في كل ماضيها الطويل أو التي ستوجد في كل المستقبل اللاحق لهذا الكوكب ، دون أن تتعرض عملية التطور لأية قيود في عملية الاختيار أو تجد أي تضييق في الاحتمالات الممكنة . بهذه الطريقة تملي الحموض النووية (د ن س) لنواة الخلية بواسطة فقط ٦٤ «كلمة تشفير» مختلفة ، أو شيفرة ثلاثية ، شكل ووظيفة الخلية المنفردة ؛ وتحدد فوق ذلك بالنسبة للكائن الحي المتعدد الخلايا مخطط بناء عضويته بكاملها .

رغم ذلك فإن العلاقة بين حموض (د ن س) والانزيمات ، أي بين «مركز القيادة» في النواة والبنى البروتينية المعقدة التي تشكل جسم الخلية ، ليست أحادية الاتجاه ، كما قد يكون الأمر قد بدا حتى الآن ، لأننا إذا ما تابعنا مراقبة ما يحصل على مستوى الجزيئة نكتشف أن الفضل في وجود الحموض النووية ذاتها

يعود إلى الانزيمات . إن الحمض النووي (د ن س) هو أيضاً جزئية عملاقة معقدة يعتمد تركيبها وبقاؤها وتكاثرها على النشاطات التحريضية النوعية للانزيمات المتخصصة .

بذلك ينغلق الجهاز الجزيئي ، الذي تمثله ، من هذا المنظور ، الخلية كأصغر وحدة حية ، بواسطة هذه العلاقة المتبادلة بين الانزيمات والحموض النووية (د ن س) ، ينغلق في ذاته ويصبح وحدة وظيفية مستقلة . تقوم الحموض النووية بتوجيه انتاج الانزيمات وغيرها من البروتينات وتقوم الانزيمات بدورها ببناء البروتينات (وغيرها من المكونات الخلوية) وبناء الحموض النووية أيضاً . إن هذه العلاقة «الديالكتيكية» المتميزة بين الحموض النووية والبروتينات هي ، بالقدر الذي تتيحه معارفنا عن البيولوجيا الجزيئية من اعطاء حكم ، واستناداً إلى كل الاستنتاجات المحتملة ، الجذر الأولي ، أي القاعدة الدنيا ، لما نسميه حياة . عندما نريد تخطيط الحدود الفاصلة ، رغم كل المصاعب التي تعترضنا ولأسباب مبدئية عند إقامة مثل هذه الحدود ، بين المادة اللا حية والبنى المادية الحية فإن وضعها هنا سيكون المكان الأكثر معقولية ومنطقية .

من الواضح ان الحموض النووية هي جزيئات تمتلك خصائص مثلى للتخزين . كما ان البروتينات تصلح ، ضمن شروط بيولوجية ، بسبب تنوعها وميزاتها الأخرى لأن تكون قطع بناء مناسبة بصورة خاصة . لقد سبق وشرحنا بالتفصيل في القسم الأول من هذا الكتاب كيف تم في مجرى التاريخ الأرضي المبكر النشوء اللا عضوي لهذين النوعين من الجزيئات وتجمعها على سطح الأرض . في وقت ما قبل ٣,٥ أو ٤ مليار سنة يجب ان تكون هاتان الجزيئتان قد التقيتا ضمن ظروف مكنت قدرتها الفائقة على التكامل من التفاعل والعمل لأول مرة . اننا لا نعرف حتى اليوم أي شيء عن نوعية هذه الظروف . لكن ما من شك فيه ان هذا اللقاء قد اطلق الشرارة الأولى التي بدأ بها ما نسميه اليوم التطور البيولوجي .

يجب ان تكون الخطوة التالية قد حصلت بأن انعزلت عن محيطها الدورة البروتينية ـ الحمض ـ نووية القادرة على البقاء مستقلة بالطريقة التي شرحناها . لم يحصل هذا بالتأكيد دفعة واحدة,وانما ضمن خطوات تطورية صغيرة كثيرة انطلاقاً من المقدمات الأولى . لقد لعب في هذه العملية المبدأ الذي نسميه اليوم «الاصطفاء الطبيعي» دوراً حاسماً مرة أخرى .

يجب ان تكون آنذاك البنى الجزيئية المختلفة الحجوم والتعقيد ، المؤلفة من اتحاد متكامل (يكمل بعضه بعضاً) من اجزاء بروتينية ـ حمض ـ نووية تحافظ على بعضها بصورة متبادلة ، قد بقيت دائماً في عمل نشيط متواصل طويل كلما أتاحت لها الصدف الفرصة لأن تحمي دورتها الكيميائية من مضايقات التأثيرات الخارجية . كان تقدم صغير ، أي حماية ضئيلة ، يؤدي اوتوماتيكياً إلى تطويل الفترة الزمنية التي تبقى فيها آلية التعاون بين الحموض النووية والبروتينات قائمة وفعالة . غير أن هذه الحالة كانت تعني في كل مرة تزايد مركبات الجزيئات المستفيدة من هذا الظرف . بهذه الطريقة ازداد ببطء عدد مركبات الجزيئات التي تمتلك هذه الخاصية البناءة أكثر مما عداها من المركبات المماثلة التي لم تتمكن من التحسن .

لكن العملية تتكرر مرة أخرى على هذا المستوى الجديد من التقدم المتحقق . أصبحت الآن اتحادات الجزيئات المفضلة ، التي تمكنت كنتيجة للمقدمات الأولى من الانعزال عن الوسط المحيط بها

متقدمة بذلك على منافساتها المتضررة ، في المقدمة مشكلة «النورم» أي «المعيار» . غير ان هذا المعيار «تراجع» بدوره إلى الصفوف الخلفية فور ما ظهرت البنى الأولى التي تمكنت من التفوق عليه في اية نقطة أخرى في مجال الاستقلال . هذا هو ما يسميه البيولوجيون التطور : الأجْود هو عدو الجيد .

تقريباً على هذا الشكل يجب ان نتصور الخطوات الأولى على طريق تشكل الخلية كأصغر وحدة للأشكال الحية . لم تكن للخلايا الأولى نواة ولا «عضيبات» (اجزاء خلوية خاصة ذات وظيفة نوعية شبه عضوية) . لم تكن على الارجح أكثر من كيس مجهري صغير مملوء بخليط من البروتين والحموض النووية . كل هذا كان محاطاً بغشاء يؤمن الحماية ضد المؤثرات الخارجية غير المرغوبة غير انه على الجانب الآخر يسمح بدخول جزيئات صغيرة معينة تمد الخلية بالمواد الأولية وبالطاقة («المواد الغذائية») اللازمة لعمل الروابط البروتينية ـ الحمض ـ آمينية الذي لا يتوقف . لقد كان هذا الغشاء «نصف نفوذ» ، كما هو الأمر حتى اليوم لدى جميع الخلايا الحية بغض النظر عما طرأ عليها من تحسينات أخرى خلال هذه المليارات الثلاثة من سني التطور .

اننا لا نعرف حتى الآن كيف تم الانتقال من الجهاز الحمض ـ آميني ـ البروتيني «العاري» (وبالتالي المعرض بسهولة للأخطار الخارجية) إلى الخلية الأولى المحصورة ضمن غشاء يجعلها مستقلة ومحمية إلى حد كبير تجاه الوسط المحيط بها . غير أن الشيء الوحيد المؤكد هو أن هذا الانتقال قد حصل فعلاً . علاوة على ذلك توجد دلائل تشير إلى أن هذه الخطوة الحاسمة في تاريخ التطور قد حصلت أيضاً بالطريق الطبيعي الصحيح .

تميل الروابط الجزيئية التي هي بحجم المركبات البروتينية ـ الحمض ـ نووية لأسباب فيزيائية إلى أن تحيط نفسها بغلاف مائي رقيق قليل الكثافة . ثم تقوم الشحنات الكهربائية الموزعة على السطح الخارجي لمثل هذه الجزيئة باعطاء هذا الغلاف السائل طابع الغشاء الجلدي المتماسك نسبياً . حتى عندما تكون الجزيئة عائمة في محلول مائي تحتفظ على سطحها الخارجي بهذا الغشاء الجلدي المائي . أما الآن فيكفي وجود آثار ضئيلة من مواد دهنية معينة (ليبيدات) في المحلول ليطفي على هذا الغلاف تماسكاً أكبر .

تميل الليبيدات إلى الانتشار على السطح الخارجي بين طبقتين مشكلة غشاء جزيئياً رقيقاً . وهي لذلك تفعل هذا أيضاً هنا في المنطقة الفاصلة بين المحلول المائي الذي تسبح فيه الجزيئة وبين غطائها السائل . لتحقيق هذا الغرض تنتظم جميع الجزيئات الليبيدية ، خاضعة للشحنات الكهربائية المختلفة على نهايتيها ، بدقة تامة بحيث تبرز احدى نهايتيها في المحلول الحر بينما تتوجه الأخرى نحو الداخل باتجاه الجزيئة التي تحيط بها كاملة الآن .

بذلك يكون قد تشكل الغلاف الأول حول المركب البروتيني ـ الحمض ـ نووي ، وهو غلاف يمتلك من بعض النواحي خواصاً مشابهة للغلاف البيولوجي النموذجي ذي الطابع النصف ـ نفوذي . إن غشاء بدائياً كهذا الجلد الليبيدي الجزيئي الذي وصفناه هنا يمكن تحضيره في اي وقت وبدون اية صعوبات تجريبياً في المخبر . إذا ما درسنا خواصه نجد أنه يسمح لجزيئات معينة بالنفوذ (أي بالدخول إلى الخلية) بينما يشكل حاجزاً منيعاً ضد جزيئات أخرى . لذلك نجيز لأنفسنا الاستنتاج ان الخطوة الهامة ، التي

مهدت في ذاك العمر المبكر للحياة الطريق لاستقلال الخلية المنفردة ، قد انطلقت من الخواص البسيطة نسبياً ، والناشئة بصورة طبيعية الزامية ، لهذا النوع من الطبقات الحدودية الفاصلة بين وسطين . جميع الخطوات اللاحقة كانت نتيجة لمبدأ الانتقاء (الاصطفاء) الذي شرحناه والذي كان لديه حتى اليوم أكثر من ٣ مليار سنة من الوقت كي يؤثر في اتجاه التحسين المتواصل لغلاف الخلية وجميع مكوناتها الأخرى .

هذا هو جوهرياً كل ما نستطيع ان نقوله اليوم حول نشوء الخلية الحية الأولى . إنه ليس بالشيء الكثير . لكنه يكفي ، كما يبدو لي ، لأن يجعلنا نقتنع ان الحياة حتى في هيئة الخلية الأولى أيضاً لم تهبط من السماء ـ ولا في اي معنى من معاني هذه الكلمة .

إن الخلايا الأولى ، التي وجدت على الأرض ، لم تنشأ بالتأكيد بتدخل هيئة فوق طبيعية في مسار التطور الجاري «طبيعياً» حتى ذاك الوقت ، قامت ببذر هذه الخلايا في خبايا الطبيعة . من ناحية أخرى نستطيع ان نقول أيضاً ان الخلية الأولى لم تهبط من السماء لأن ظهورها لم يكن يعني على الاطلاق ظهور شيء جديد تماماً ، شيء مختلف مبدئياً في جوهره عن كل الاشياء الأخرى الحاصلة قبله خلال مليارات السنين .

إننا لن نستطيع فهم التاريخ الممتد من بداية العالم ، منذ الانفجار الكوني الأول، على الأرجح ، ١٣ مليار سنة ـ اننا ننتهز كل فرصة ممكنة لإدراك معناه الحقيقي ـ إذا لم نضع دائماً نصب أعيننا أن الأمر يتعلق فعلاً بـ «تاريخ» بالمعنى الأصلي لهذه الكلمة : يتعلق بتطور مغلق في ذاته مترابط داخلياً متتابع بشكل منطقي صحيح حيث تنبثق كل خطوة فيه من الخطوات التي سبقتها وفقاً لقوانين منطقية . لقد كانت الخلية الحية الأولى بدون أي شك الوريث الشرعي للهيدروجين أيضاً .

٩. أخبار عن العظائيات

أخيراً توفرت لدينا الآن جميع المقدمات التي نحتاجها كي نستطيع ان نفهم ما تفعله السيدة دايهوف بالحواسب الالكترونية التي تملأ مخبرها في بيتيسدا ، أي ان نفهم كيف سيكون ممكناً احياء الماضي ثانية بمساعدة «التحليل المقارن لسلاسل الحموض الأمينية» ـ اليوم وضمن المدى المنظور بالمعنى المجازي فقط ، أما في المستقبل البعيد فقد يحصل هذا فعلاً بالمعنى الحرفي للكلمة .

لقد تمكن العلماء في العقد الأخير بواسطة تكنيك رفيع للتحليل الكيميائي من التعرف بشكل ملموس على الصفوف التي تشكلها الحموض الأمينية في سلسلة إنزيم معين . علينا ان نتخيل ماذا يعني ذلك ، قد يحتوي مثل هذا الانزيم على ٧٠ أو ١٠٠ أو ربما اكثر بكثير من الحلقات . إذا ما تمكن العلم من التعرف على كل حلقة من هذه الحلقات ، أي إذا عرف الحمض الأميني الذي تتكون منه كل حلقة منها ، عندئذ يكون قد عرف التسلسل الذي تتتابع فيه هذه الحموض الأمينية ضمن الحبل الجزيئي الدقيق ويكون بذلك قد حقق إنجازاً مدهشاً .

ماذا سيستفيد العلماء من هذه النتيجة وما هي الآفاق الجديدة التي فتحها بها هذا التكنيك التحليلي أمام العلماء وأمامنا جميعاً ، هذا ما نريد النظر اليه عن كثب على مثال الانزيم الذي أطلق عليه العلماء اسم «سيتو كروم سي» . من الممكن مبدئياً اجراء نفس التحليل على أي أنزيم آخر . يصلح سيتو كروم سي كمثال مناسب بصورة خاصة ببساطة لأنه قد درس وحلل جيداً بالطريقة الجديدة لدى معظم أنواع الحيوانات .

سيتو كروم سي هو إنزيم تنفسي يكمن تأثيره النوعي في أنه يتوسط لانتقال الأوكسيجين الذي يحمله الدم إلى داخل الخلية . يتألف هذا الانزيم (كما يشير المخطط على الصفحة ١٨١) لدى جميع الكائنات الحية تقريباً من ١٠٤ حلقات ؛ يوجد في بعض الحالات الشاذة عدد من الحلقات الاضافية . لقد عبِّرت في المخطط المشار اليه عن الحموض الأمينية العشرين التي يتألف منها أيضاً سيتو كروم سي بواسطة ٢٠

رمز مختلف . لسنا بحاجة لأن نهتم بمعرفة أي رمز يعبر عن أي حمض آميني . المهم هو أن كل رمز يعبر عن حمض آميني معين وهو يتواجد دائماً في المخطط في الموقع الذي يتواجد فيه الحمض الآميني الذي يعبر عنه ويتكرر كلما تكرر .

إذا ما قمنا باجراء مقارنة بين الصفوف المجمعة في هذا المخطط ، والتي تنتسب جميعها الى ١١ فصيلة مختلفة ، فإننا سنلاحظ من النظرة الأولى شيئاً يثير الذهول : يشير المخطط الى أن عملية التنفس الداخلي ، أي انتقال الأوكسجين إلى داخل الخلية ، يتم لدى جميع الكائنات الحية المدروسة ، من الانسان حتى خميرة الخبز ، بتحريض نفس الانزيم . تنطبق هذه النتيجة بلا استثناء ليس فقط على سيتو كروم سي وعلى الفصائل المبينة في المخطط وإنما أيضاً على جميع الانزيمات الاخرى وعلى جميع الفصائل والأنواع التي تمت دراستها بهذا التكنيك .

صحيح أن التسلسل لا يتطابق مائة بالمائة بين أي صفين من الصفوف الأحد عشر المبينة في المخطط ، كما يتضح عند تمحيصه . غير أنه نظراً للعدد الهائل من الامكانات المختلفة المتوفرة لتوزيع ٢٠ حمضاً آمينياً على ١٠٠ موقع فإن التشابهات التي تواجهنا كبيرة لدرجة أنها لا يمكن أن تعود الى مجرد الصدفة . عندما نتعمق في تدقيق المخطط نكتشف بسرعة حقيقة هامة أخرى : يتزايد عدد الفروق في صفوف الحموض الآمينية من الأعلى الى الأسفل . يختلف سيتو كروم سي لدى الانسان عنه لدى القرد

شرح مخطط سيتوكروم سي

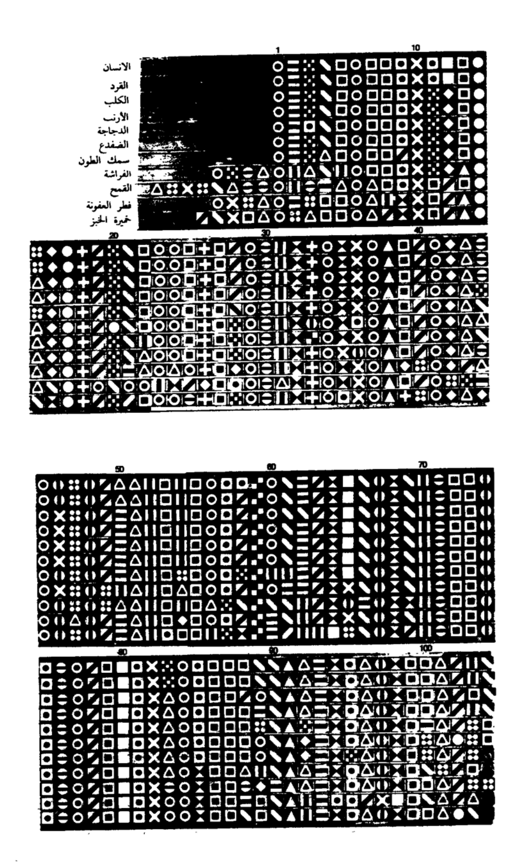
يبين المخطط تركيب سيتوكروم سي لدى ١١ فصيلة مختلفة من الانسان حتى خميرة الخبز .

سيتوكروم سي هو انزيم ، أي جسم بروتيني ذو تأثير بيوكيميائي نوعي : لا غنى عنه لانتقال الاوكسجين في عملية التنفس الداخلي للخلية .

سيتوكروم سي هو أيضاً ، شأنه شأن أي جسم بروتيني آخر ، جزيئة سلسلية مركبة من حموض آمينية . قمنا في مخططنا بالتعبير عن العشرين حمض آميني المختلف ، التي يتألف منها ، بواسطة عشرين رمزاً تصويرياً مختلفاً . يتبين من النظرة الاولى اننا نجد مراراً كثيرة في المواقع المتماثلة من الجزئية أنواعاً متماثلة من الحموض الآمينية . يبين التمحيص الدقيق أن عدد التطابقات يكون أكبر كلما ازدادت قرابة الأنواع المقارنة مع بعضها البعض والعكس بالعكس .

بين الانسان والقرد يوجد (في هذا الانزيم) اختلاف واحد وحيد (في الموقع رقم ٥٨) . إذا ما قارنّا في هذا المخطط الانسان مع الكلب نجد فروقاً في ١١ موقع من السلسلة الجزيئية المؤلفة من ١٠٤ حلقات (مواقع) ، وهكذا تباعاً من صف الى صف . (لقد تم ترتيب الفصائل في المخطط حسب التسلسل التناقصي لقرابتها) . لكن حتى لدى المقارنة بين سيتوكروم سي لدى الانسان ولدى خميرة الخبز نجد عدداً كبيراً مثيراً للانتباه من الحلقات السلسلية المتطابقة .

تبرهن الدراسات الاحصائية على أن هذا التقارب لا يمكن أن يعود الى مجرد الصدفة . على العكس من ذلك فإن المخطط يشير بصورة واضحة ومقنعة أن جميع أشكال الحياة الأرضية تنحدر من أصل واحد ، أي أن جميع العضوية الحية ، من الانسان حتى خميرة الخبز ، يجب أن تجمعها روابط القربى مع بعضها البعض . أما الفهم الدقيق لهذه المسألة والاستنتاجات التي نستخلصها منها فسنقوم بشرحها في النص .


الانسان
القرد
الكلب
الأرنب
الدجاجة
الضفدع
سمك الطون
الفراشة
القمح
فطر العفونة
خميرة الخبز
1
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

الهندي بحمض آميني واحد وحيد . يرتفع عدد الفروق بين الانسان والكلب الى ١١ فرقاً وهكذا تتابع الأمور من صف الى صف .

نستطيع أن نستخلص من هذه الخصوصيات سلسلة كاملة من الاستنتاجات ذات الأهمية البالغة . أول هذه الاستنتاجات هو أن جميع أشكال الحياة الأرضية تنحدر عن أصل واحد . يجب أن تكون واحدات الخلية والأسماك والحشرات والطيور والثدييات وكذلك البشر ذاتهم وجميع النباتات قد انحدرت من شكل بدئي للحياة واحد وحيد ، أي عن خلية بدئية شكلت الجد المشترك لجميع أشكال الحياة الموجودة اليوم . في وقت ما من الماضي السحيق ، عندما بدأت الحياة بتثبيت أقدامها على هذا الكوكب ، يجب أن تكون قد وجدت لحظة توقف فيها مستقبل جميع أشكال الحياة التي نعرفها اليوم على الفرص المتاحة لبقاء هذه الخلية المجهرية الصغيرة .

نستطيع أن نستخلص هذا الاستنتاج بنفس الحق وبنفس الثقة التي يفعلها عالم اللغة عند اكتشافه تطابقاً في تسلسل الحروف بين لغتين مستنتجاً أن لهما خلفية ثقافية مشتركة أي ماضياً تاريخياً مشتركاً . إن تطابق صفوف الحموض الأمينية في سيتوكروم سي ، الذي نجده (التطابق) في جميع الفصائل البيولوجية المعروفة هو برهان قاطع على انحدار جميع هذه الفصائل البيولوجية من جد واحد مشترك . ليس هناك أي تفسير آخر لهذه الظاهرة التي تتأكد مرة تلو المرة لدى دراسة أي من الانزيمات الأخرى . من البديهي أن لهذه الانزيمات الاخرى تركيباً مختلفاً عن تركيب سيتوكروم سي لكنها بدورها متماثلة عملياً لدى جميع أنواع الكائنات الحية (بغض النظر عن بعض الفروق الطفيفة الموجودة هنا أيضاً) .

غير أن الدراسات الانزيمية لم تؤكد حتى هنا سوى فرضية واحدة نتجت في سياق كشف الشيفرة الوراثية وهي أن «اللغة» التي تكتب بها هذه الشيفرة هي نفسها لدى جميع أشكال الحياة ، أي أن الشيفرة الثلاثية الأسسية التي تستخدم لتوفير حمض آميني معين «تعني» نفس هذا الحمض في كامل نطاق الطبيعة الحية ، سواء تعلق الأمر بالبكتريات أو الزهور أو الأسماك أو الانسان . هذا التطابق ، هذا «الطابع الاسبيرانتي» (اسبيرانتو هي اللغة الدولية) للشيفرة الوراثية لا يمكن تفسيره إلا بالفرضية القائلة أن لجميع الكائنات الحية الحالية سلف مشترك واحد ورثت عنه جميعها بالتحديد والضبط هذه الصيغة (من بين الامكانات اللاأحصر لها من الصيغ) لـ«ترجمة» الحموض الأمينية الى شيفرات ثلاثية أسسية .

لكن بينما تكون الترجمة في حالة الشيفرة الوراثية متطابقة حرفياً لدى جميع الأنواع بدون استثناء فإنه يوجد لدى الانزيمات ، وأيضاً في سيتو كروم سي ، اختلافات صغيرة بين نوع ونوع . وعندما بدأ العلماء بتكوين الأفكار حول هذه الفروق بدأت المسألة تكتسب أهمية متزايدة .

كان السؤال المطروح يدور بالطبع حول سبب هذه الفروق . إن الخلية الأولى التي ركّبت لأول مرة الانزيم سيتو كروم سي واستخدمته لتنفسها الداخلي أعطت صفّه بدون شك في صيغته الأصلية إلى جميع خلفها المباشر . من أين جاءت إذن هذه الفروق التي نلاحظها اليوم لدى الأنواع المختلفة ؟ جواب هذا السؤال شديد البساطة : بواسطة التبدل المفاجىء ، أي القفزات الوراثية الطارئة ، أو ما يسمى «الطفرة» .

كان واضحاً منذ البداية ان تبديل مكان الحمض الآميني في السلسلة لم يكن ممكناً في كل موقع من الجزيئة الانزيمية دون أن تترتب عليه نتائج بالغة الأهمية . إن التغيرات المفاجئة التي تؤدي إلى مثل هذا التبديل يجب ان لا تمس مثلاً الحموض الآمينية التي تشكل المركز النشط للانزيم.أو علينا ان نقول بتعبير أصوب : لا يوجد حقاً قوة في العالم تستطيع ان تمنع حصول هذا التبدل المفاجيء أيضاً في هذا الموقع الحاسم بالنسبة لوظيفة الانزيم ، غير انه من الثابت ان التبادل الحاصل بهذه الطريقة لا يستطيع الانتقال وراثياً على الاطلاق ، لأن تغيراً في المركز النشط يؤدي حتماً إلى شل وظيفة الانزيم تماماً . لذلك فإن الكائن الحي الذي اصبح لديه انزيم سيتو كروم سي بسبب مثل هذا التبديل مشلولاً سيموت بالاختناق الداخلي ولن يستطيع بالتالي توريث هذا التبديل بسلالته .

على هذا الأساس فإن صفوف الحموض الآمينية لانزيم معين ، نقوم بدراسته اليوم لدى انواع حياتية مختلفة ، يجب أن تكون ، بغض النظر عن جميع التغيرات المفاجئة الأخرى التي قد تكون قائمة بينها ، متطابقة على الأقل في تركيب مركزها النشط . علاوة على ذلك فإن امكانية التبادلات المفاجئة للحموض الآمينية على مواقع أخرى من الجزيئة تتعلق بشروط محدودة خاصة وهي لذلك ليست كبيرة جداً في أي حال من الأحوال . لأسباب فيزيائية وكيميائية لا يتعايش أي حمض آميني مع أي حمض آميني آخر في السلسلة بنفس الدرجة من «المحبة» ، أي ان بعضها لا يرغب ان يكون «جاراً» لبعضها الآخر . علاوة على ذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار أن نوعية الكبة التي يشكلها الجزيء بكامله تتعلق بالحموض الآمينية الموجودة خارج المركز النشط كما ان هذه الكبة بدورها تعتبر ذات أهمية بالغة لتشكل هذا المركز النشط بطريقة صحيحة . هنا أيضاً يوجد بعض التحديدات المعينة . هناك بعض الحموض الآمينية التي تقبل التبادل دون أي تأثير على كبة الجزيئة بينما هناك بعضها الآخر الذي يقبل المبادلة فقط مع حموض محددة تماماً وذات تركيب مشابه لتركيبها .

انطلاقاً من هذه العلاقات المتشعبة والشديدة التعقيد نستطيع اليوم ان نحسب بدقة مدهشة الاحتمال الذي يمكن أن يحصل فيه مثل هذا التبادل بين الحموض الآمينية في موقع محدد تماماً من السلسلة الانزيمية . غير ان العمليات الحسابية معقدة إلى درجة اننا لا نستطيع اجراءها إلا بمساعدة الحواسب الالكترونية . هذا هو السبب الذي يجعل مخابر السيدة دايهوف لا تحتوي على انابيب اختبار كيميائي وانما على كثير من الأجهزة الحاسبة الالكترونية .

لقد توقفت السيدة دايهوف ومساعدوها منذ مدة عن تحليل صفوف الانزيمات المختلفة . لقد تخصصوا حصراً ، منطلقين من الفروق الموجودة في نفس الانزيم لدى أنواع مختلفة من الكائنات الحية ، بحساب احتمالات الطفرات الطارئة التي تؤدي إلى نشوء هذه الفروق . لكن «احتمالات طفرة طارئة محددة» هي ليست سوى تعبير آخر عن الزمن الذي يجب أن يمضي كي تحصل هذه الطفرة . بهذه الطريقة تكون السيدة دايهوف قد اكتشفت ، بكلمات أخرى ، نوعاً من الساعة التي تمكنها من القياس اللاحق للسرعة التي حصل فيها تاريخ الأنواع البيولوجي .

لكي نفهم ذلك يجب ان نعود إلى المخطط الموجود على الصفحة ١٨١ ، إذ اننا لم نقم بعد بتحليل

جميع المعلومات الواردة فيه . لقد قمنا في مخططنا هذا بترتيب الأنواع متسلسلة تبعاً لعدد الفروق في صفوف الحموض الآمينية . اذا ما انطلقنا من الأعلى ، من الانسان ، نلاحظ ان هذه الفروق تتزايد من صف إلى صف . انها حقاً ليست صدفة بأن يتطابق هذا التسلسل بالضبط مع تباعد درجة القرابة . إن تبديل حمض آميني بآخر بواسطة طفرة طارئة يكلف وقتاً . كلما طالت المدة التي تطور فيها نوعان بصورة مستقلة عن بعضهما البعض ، أي كلما مضى وقت أطول على وجود سلفهما المشترك الأخير ، كان عدد الطفرات المفاجئة التي طرأت على كل منهما على انفراد أكبر وكان بالتالي عدد الفروق في تركيب صفوف انزيماتها أكبر أيضاً .

لذلك فإن وجود فرق وحيد في ما مجموعه ١٠٤ حموض آمينية بين انزيم التنفس سيتو كروم سي لدى الانسان ولدى القرد الهندي هو تعبير عن وجود قرابة قريبة بينهما . أما ان تكون قرابتنا البيولوجية مع الكلب بعيدة فهو أمر يمكننا قراءته على ضوء الحقيقة بأن عدد الفروق في هذه الحالة يبلغ ١١ حمضاً آمينياً . أما السمكة فهي أقرب الينا من البكتيريا لكنها أبعد عنا من الدجاجة . حتى خميرة الخبز تنتسب إلى نفس عائلة الأشكال الحياتية التي ننتسب نحن اليها ، وإن كانت درجة القرابة بعيدة جداً . اننا لا نستطيع في هذه الحالة نفي وجود مثل هذه القرابة حتى بين هذه الكائنات اللا مرئية وبيننا عندما نجد ، رغم كل الفروق الكبيرة ، تطابقات في الحموض الآمينية لانزيماتها وانزيماتنا لا يمكن تفسيرها بعامل الصدفة المحضة .

لكن السيدة دايهوف لا تكتفي بتحديد القرابة بين الأنواع المختلفة على ضوء هذا الترتيب الانزيمي (الذي كانت البحوث الانزيمية تعرفه لأسباب أخرى منذ زمن طويل) ، أي انها لا تكتفي بوضع ترتيب للقرابة وانما تريد حساب الفواصل الزمنية برقم مطلق محدد . تقول لها حواسبها الالكترونية كم مضى وسطياً من الزمن حتى تبادل حمض آميني مع آخر على هذا الموقع أو ذاك من الجزيئة ، وعما اذا كان التبادل قد حصل مباشرة أو عبر عدد من الحموض الأمينية الأخرى . مع مراعاة عدد كبير من النقاط والشروط المعقدة الأخرى تمكنت السيدة دايهوف في النهاية من حساب انه قد كان لنا ، نحن البشر ، والدجاجة قبل ٢٨٠ مليون سنة سلف واحد مشترك ، وأن ٤٩٠ مليون سنة قد مضت منذ انفصل أسلافنا البرمائيين عن الاسماك ، وأنه قد وجد على الأرض قبل ٧٥٠ مليون سنة كائن حي لم يكن الجد المشترك لجميع الفقريات وحسب بل وللحشرات ايضاً .

مهما بدت امكانية تصميم مثل هذه «الروزنامة التطورية» مثيرة ومشجعة فإن السيدة دايهوف ومساعدوها قد تجاوزوا حتى هذه المرحلة . لقد بدأوا بمساعدة طرق احصائية مركبة ومعقدة بإعادة تصميم التركيب الذي كان عليه انزيم ذاك الجد المشترك . لقد أوضحوا بواسطة عدد من الامثلة وبصورة مقنعة ان هذا ممكن من الناحية المبدأية . إن عملهم عسير ويحتاج إلى كثير من الوقت لأن حساباتهم لن تشمل انزيماً واحداً وانما عدداً كبيراً من الانزيمات ، إذا أريد لها ان تقدم نتائج مفيدة .

تبدو الامكانات المستقبلية لهذه البحوث مثيرة لدرجة تحبس لها الانفاس ، لأننا بمقدار ما نتمكن في العقود القادمة ، بواسطة الطريقة التي تطبقها السيدة دايهوف ، من اعادة تصميم كامل الجملة الانزيمية

لكائن حي منقرض سنعرف أيضاً شيئاً عن سلوك هذا الكائن الحي وعن الوسط الذي عاش فيه .

تمكننا ، منذ زمن طويل ، طريقة تحديد الأعمار بواسطة العناصر المشعة وغيرها من الطرق المشابهة من تأريخ (تحديد عمر) المستحاثات المغرقة في القدم . كما يُعْلمنا «ميزان الحرارة المستحاثي» ، المصمم استناداً إلى مبدأ مشابه ، كم كانت درجة حرارة البحار التي عاشت فيها العظائيات السمكية وغيرها من الحيوانات الأولى . إن الطرق التي يتمكن بواسطتها العلماء من استكمال اكتشاف هذه وغيرها من الآثار الماضية وجعلها تتكلم ثانية تحقق باستمرار تقدُّمات جديدة مدهشة . لقد اكتشف فريق دايهوف طريقاً فتح أمام المستقبل آفاقاً لم تزل تبدو خيالية اليوم .

عندما نمتلك على هذا الطريق في وقت من الأوقات الجملة الانزيمية لعظائي ما مثلاً ستمكننا هذه المعرفة من اعادة إحياء ، على الأقل في أذهاننا ، سلوك وطريقة حياة مثل هذا الفقاري الاسطوري بصورة متكاملة لا نعرفها اليوم . تحدد صفوف الحموض الآمنية لكل انزيم منفرد التأثيرات البيولوجية لهذا الانزيم . لكن اجمالي جميع هذه التأثيرات الانزيمية يتيح لنا إعادة تصميم التمثل العضوي للكائن المنقرض بجميع تفاصيله وخصائصه .

ستتمكن من تحديد التركيب الغذائي الذي تكيف معه هذا الحيوان العملاق القديم . سنستطيع قراءة درجة حرارة الوسط المفضل بالنسبة له وكذلك سرعة الاشارات المتنقله عبر أعصابه وبالتالي طول «لحظة الصدمة» لديه (مقدار الزمن الذي يمر عند مفاجأته حتى يتخذ رد الفعل المناسب) . كما أن الانزيمات المسؤولة عن العمليات الكيميائية في شبكية عينية ستعطينا فكرة عن الكيفية التي كان يرى فيها هذا الحيوان ، المنقرض منذ ١٥٠ مليون سنة ، محيطه . قد تتحقق في يوم ما في المستقبل البعيد اعادة تصميم هذا الحيوان ليس فقط في أذهان العلماء الذين نجحوا في إعادة تصميم جملته الانزيمية . كنتيجة للعلاقة الثابتة المعروفة بين الانزيمات وبين اصطفاف الأسس في جزيئة الحمض النووي د ن س ، الذي (أي اصطفاف الأسس) يوجه الاصطفاف النوعي لتركيب هذه الانزيمات ، ستكون إعادة تصميم الشيفرة الوراثية لعظائي ما ممكنة من الناحية المبدأية .

غير ان العلماء قد نجحوا فعلاً في الوقت الحاضر في تركيب الجينات (المورثات) والانزيمات الأولى في مخابرهم . تعني كلمة «نجحوا» هنا ان الجزيئات السلسلية التي حضروها اصطناعياً قامت عند إجراء التجارب البيولوجية عليها بممارسة نشاطها البيو كيميائي المتناسب مع صفوفها وتصرفت فوق ذلك كنماذجها الطبيعية تماماً .

تبرهن هذه المركبات الناجحة الأولى مرة أخرى ، لمن ينظر إلى المسائل المطروحة على بساط البحث بدون أحكام مسبقة ، أن عمل ونشوء الانزيمات يتم بدون قوى غامضة تقف خارج حدود الملموسية العلمية . لكنها من ناحية أخرى تتيح أيضاً مجالاً للتفكير بالامكانية الخيالية بأنه قد يصبح ممكناً في المستقبل البعيد انتاج الجينات المصممة بالطريقة التي شرحناها والعائدة لكائن حي منقرض من الاحقاب الأولى .

هل سنرى إذن يوماً ما الديناصور ؟ هل سيصبح بعثها من جديد ممكناً بواسطة تركيب مورثاتها في

المخابر ؟ إن العدد الهائل من المعلومات اللازمة لذلك والمعرفة الدقيقة للصفوف في جزيئات ما لا يقل عن عدة آلاف من الجينات (المورثات) تجعل هذه المهمة تبدو اليوم غير قابلة للحل . لكن علينا أن لا ننسى ان هذه الصعوبة تتعلق بمشكلة كمية قد يمكن تجاوزها في المستقبل بمساعدة الحواسب الالكترونية .

لكن حتى بعدئذ عندما يتم يوماً ما تجاوز كل هذه المصاعب لن يستطيع علماء الكيمياء البيولوجية هكذا ببساطة البدء بإحياء الكائنات المنقرضة حسبما يشتهون مشكلين «حديقة حيوانات مستحاثية» . حتى لو أصبح مخطط البناء الجيني الكامل للديناصور في جيبهم لن يكونوا على أي حال قادرين على ذلك . لن يكونوا قادرين لأن «الحياة» ليست عملية تمثل عضوي منعزلة تحصل لدى كائن حي واحد منفرد . إن مثالنا الطوباوي يمنحنا في هذا الموقع الفرصة المناسبة للتذكر ان الحياة هي علاقة وثيقة لا تنفك عراها بين الكائن الحي الذي يقوم بالتمثل العضوي والوسط الذي يعيش فيه .

سيتوجب على علماء الكيمياء العضوية في المستقبل أن يربوا النباتات القديمة التي كانت تلك الحيوانات تعتمد عليها في غذائها . كما ان غلافاً جوياً اصطناعيا يتوفر فيه على الأقل شرط احتوائه على نسبة أخفض من الأوكسجين مما يحتويه الغلاف الجوي الأرضي الحالي سيكون ضرورياً أيضاً . علاوة على ذلك يجب ان تحسب ، بنفس الطريقة العسيرة التي شرحناها ، المورثات لعدد لا يحصى من الكائنات الدقيقة التي كانت موجودة في تلك الدنيا القديمة ثم يتم تحضيرها وتربيتها إذ من المنطقي ان نفترض ان قواضم الاحقاب القديمة كانت تعتمد في نموها على مثل هذه الأنواع من الكائنات الدقيقة كما تفعل جميع الكائنات الحية الحالية .

هكذا يتبين لنا لدى التمحيص الدقيق ان المشروع بكامله هو سلسلة لا تنتهي من المقدمات المتجددة باستمرار والمترابطة مع بعضها البعض بطريقة شديدة التنوع والتشعب ـ إنها نموذج تعليمي غني بالعبر عن التأثير الفعال للوسط المحيط ، للبيئة ، في العملية التي نسميها «حياة» . وأخيراً لكي يتمكن التوازن البيولوجي في حديقة الحيوانات هذه من البقاء قائماً يجب ان تكون هذه الحديقة كبيرة جداً . بالاضافة إلى ذلك فإن تحقيق كل هذه الشروط سيحتاج إلى زمن طويل جداً أيضاً . وفوق كل هذا سوف تظهر لدى محاولة تحقيق هذا المشروع الخيالي لدى كل خطوة مشاكل ومصاعب جديدة لم تخطر مسبقاً على بال أحد على الاطلاق .

هكذا على هذه الحال تخطر على بالنا فكرة مازحة لكنها بالتأكيد مرْضية هي أن علماء بيولوجيا المستقبل عندما سيسألون حواسبهم الالكترونية عن الشروط اللازمة لتحقيق مثل هذا المشروع قد يتلقون الجواب التالي : «خذوا جرماً سماوياً بقطر حوالي ١٢٠٠٠ كيلو متر واستمروا في حساباتكم التجريبية حوالي ٣ إلى ٤ مليار سنة» .

ضمن هذه المقدمات أجريت التجربة على كل حال مرة واحدة بنجاح .

* * *

١٠ـ الحياة ـ صدفة أم ضرورة ؟

كم هو مقدار الاحتمال لأن يصطف بالصدفة ٢٠ حمضاً آمينياً مختلفاً في سلسلة مؤلفة من ١٠٤ حلقات تماماً بالتسلسل الموجود لدى سيتوكروم سي ؟ الجواب هو ١ إلى $٢٠^{١٠٤}$.إذا ترجمنا هذا الاحتمال إلى اللغة اليومية نقول : إنه غير ممكن .

هذا هو الوجه الآخر للصدفة التي تستطيع أن تقدم لنا البرهان الملموس على **القرابة** القائمة بين كل ما يعيش على الأرض . لا يجوز الآن ، بعد أن استخدمنا بسخاء هذه الطريقة في **البرهان** بما يخدم الغرض ، أن نحبس رغبتنا في السؤال عما إذا لم تكن هذه الدرجة من الاحتمال الضئيل تدحض كل ما حاولنا تعليله في هذا الكتاب حتى الآن : الآلية الذاتية للتطور الجاري في الكون ونشوء الحياة الحاصل في إطار هذا التطور بطريقة طبيعية لا حياد عنها .

لذلك نكرر دفعاً لأي التباس : إن احتمال نشوء سيتوكروم سي بالصدفة المحضة يبلغ حسابياً فقط ١ من $٢٠^{١٠٤}$. هذا يعني انه لو نشأ في كل ثانية مرت منذ بدأ الكون حتى الآن انزيم جديد لما بلغ عدد جميع الانزيمات الناتجة سوى $١٠^{١٧}$ انزيماً . وحتى لو كانت جميع الذرات الموجودة في كامل الكون سلاسل انزيمية ، كل ذرة منها سلسلة أخرى بدون أي تكرار ، لوجد في كامل الكون «فقط» $١٠^{٨٠}$ جزيئة سلسلية مختلفة . أما احتمال أن يوجد بينها جميعها جزيئة واحدة وحيدة من سيتوكروم سي فلن يكون حتى في هذه الحالة سوى ١ من $١٠^{٢٤}$ (أي ١ من ١٠٠٠ كڤادريليون) . من البديهي أن هذا الاحتمال الضئيل ينطبق مبدئياً على نشوء جميع الانزيمات الأخرى وأيضاً على الحموض النووية التي لا غنى للحياة عنها أيضاً .

إذا أخذنا هذه الحسابات ، كما هي هنا ، يبدو لنا لا مفر من الاستنتاج : ان الحياة إما ان تكون واقعة غير محتملة بدرجة قصوى ، أي حالة استثنائية فريدة وجدت في كامل الكون مرة واحدة وحيدة هنا على الأرض وهي بالنسبة لهذا الكون ظاهرة لا نموذجية على الاطلاق في كل جانب من جوانبها . أو انه

يوجد حقاً عوامل ما ميتافيزيقية استخرجت الحياة من مجال الصدفة المحضة . كلا الاستنتاجين واسع الانتشار ويتم تكرارهما حتى الاشباع في المناقشات المختلفة .

هناك مثال شهير هو المجادل الذي لا يتخلف عن حضور اية محاضرة حول موضوع نشوء الحياة والذي يسأل المحاضر بلهجة مستهجنة ، كم من الزمن يجب أن نخضَّ ١٠٠٠ تريليون ذرة معدنية لكي تنتج «بالصدفة» سيارة مرسيدس . يوجد أيضاً طريقة اخرى مستحبة لطرح مثل هذا السؤال : كم من الزمن يحتاج قطيع مؤلف من ١٠٠ قرد لكي ينتج «بالصدفة» بالضرب العشوائي على ١٠٠ آلة كاتبة مقطعاً من مسرحية شكسبير .

تحدث مثل هذه النوعية من الاعتراضات وقعاً ايجابياً لدى المستمعين ويستطيع من يستخدمها ان يكون متأكداً مسبقاً أنه سيلقى تصفيقاً حاداً . رغم ذلك فإن هذه الحجج غير جديرة بأن تؤخذ على محمل الجد . نود ان ننصح أولئك الذين يستخدمونها بأن يقرأوا شيرلوك هولمز : «لكن ياسيد هولمز» ، يصرخ واتسون قائلاً : «إن هذا غير ممكن على الاطلاق» . «ـ ياللعجب» ، يجيب شيرلوك هولمز ، «لا بد انني قد أخطأت إذن في نقطة ما» .

هكذا بالشكل الذي عرضت فيه هذه الحسابات التي تبتغي اظهار كم هو غير محتمل نشوء الحياة فانها تقوم جميعها بلا استثناء على خلل منطقي في طريقة التفكير . يتوجب علينا ان نتوسع قليلاً في هذه المسألة لأنها بالرغم مما فيها من خلل منطقي فإن حجتها الاحصائية تلقى رواجاً واسعاً حتى لدى أفضل الدوائر . لقد استخدمها عالم الأحياء الانكليزي ف. هـ . ثوربي في كتاب صدر مؤخراً بهدف نفي امكانية تفسير الظواهر البيولوجية بواسطة قوانين الطبيعة . أما أشهر من أساء استخدام هذه الحجة فهو البيولوجي الفرنسي جاك مونو الحائز على جائزة نوبل . غير أن الفيزيائي الألماني باسكال جوردان يستخدم أيضاً بدون أي حرج سلسلة من «البراهين» المماثلة مبدئياً كي يعلل قناعته بأن الحياة لا توجد على الأرجح في كامل الكون إلا على الأرض .

يظهر الخطأ المنطقي الأكثر وضوحاً في «طريقة برهان» الانكليزي ثوربي . يستخدم ثوربي من جملة ما يستخدمه المقارنة التي ذكرناها عن القرود التي تضرب على الآلات الكاتبة كي تنتج بالصدفة مقطعاً من قصيدة لشيكسبير . إنه يقلب في طريقته المشكلة التي توجب على الطبيعة حلها آنذاك في النقطة الحاسمة منها رأساً على عقب . لم تقف الطبيعة أبداً أمام المهمة بأن تعيد بالصدفة انتاج شيء كان موجوداً ـ صف معين من الحموض الآمينية مثلاً ـ بكل تفاصيله وجزئياته . فقط مع هذه الفرضية الوحيدة تكتسب العمليات الحسابية مع الرقم 20^{100} مدلولاً ذا معنى على الاطلاق .

لقد كانت الأمور في الواقع التاريخي ـ الطبيعي على الوضع المعاكس تماماً . لنعد مرة أخرى إلى مثال القرود المستخدم والذي لا مدلول له البتة في هذا المضمار : لم تكن الطبيعة أبداً مضطرة إلى الانتظار حتى يكرر قطيع من القرود بالصدفة شيئاً كان قد وجد بطريقة ما قبل ذلك . لقد تركت «قرود» الحركة التاريخية الصدفوية تضرب على سطح الأرض كما تشاء لمدة محدودة من الزمن (لنقل : عدة مئات من ملايين السنين) . بعد انقضاء هذه المدة اختارت الطبيعة بكل هدوء ، من بين العدد الكبير اللا حصر له

من الصفحات المطبوعة ، بعض الصفحات التي كانت توزع الحروف فيها ينحرف بالصدفة المحضة عن الوسطي العام . استطاعت بعد ذلك استعمال هذه الصفحات لتحقيق أهدافها ، لأن توزُّع الحروف فيها المنحرف عن الوسطي العام جعلها متميزة غير قابلة للالتباس وفتح بالتالي الباب أمام امكانية استخدامها انتقائياً لوظائف محددة .

يعني هذا عند نقله إلى واقع الحالة الطبيعية انه في البدء كانت تأثيرات تحريضية متواضعة تكفي لسير عملية التطور . لم يكن المنافسون قد وجدوا بعد . ضمن هذه الظروف تكفي حسب معارفنا الحالية أنواع من الانزيمات ذات ٤٠ أو ٥٠ حلقة فقط عل شرط أن يكون بعض الحموض الأمينية فيها موجود على مواقع محددة تماماً . من الممكن إثبات هذا تجريبياً . مهما كان ضئيلاً التسارع الذي أعطى لتفاعلات كيميائية معينة مثل هذا التركيب فإنه كان يعني على كل حال سبقاً ، ولو مهما كان زهيداً ، نتج عنه اوتوماتيكياً تكاثر هذا النوع من الجزيئات .

إذا ما انطلقنا من هذه الحالة الواقعية الوحيدة نتوصل إلى أرقام مختلفة تماماً . اصبحنا الآن دفعة واحدة أمام حالة يكفي فيها بضع ملايين من البيبتيدات المتعددة (حموض آمينية قصيرة السلسلة) لتهيئة الفرصة لنشوء انزيم أولي ولحل المشكلة من أساسها . أما بالنسبة لتشكل الحموض النووية ، التي تستخدم أيضاً كامثلة محببة لهذا النوع من تلاعب الأفكار الاحصائي ، كانت القيود المفروضة على الطبيعة أقل . بالنسبة للانزيمات لم تكن الطبيعة حرة تماماً في تصفيف حلقات السلسلة لأن الشكل الفراغي للجزيئة يؤدي بالضرورة إلى حصول تأثير كيميائي محدد (وإن كان آنذاك لم يزل ضعيفاً) .

أما فيما يتعلق بتشفير الحموض النووية (د ن س) فإن حتى هذا الشرط لم يكن موجوداً . هنا كانت الطبيعة ، حسب معارفنا الحالية ، حرة في أن تعطي الأسس المختلفة وترتيب اصطفافها أي معنى هيأته الصدفة . لذلك فإن المحاججة الاحصائية لا تصلح هنا البتة ولا معنى لها .

لكي نعبر مرة أخرى عن هذه المسألة بطريقة بسيطة نقول : إن القول ، بأن عمر الكون لم يكن ليكفي لجعل سيتوكروم سي (أو أي انزيم آخر موجود الآن) ينشأ مرة أخرى بالصدفة تماماً بنفس الشكل الذي هو عليه اليوم ، هو قول صحيح تماماً . لكن الطبيعة لم تواجه في أي وقت من الأوقات هذه المهمة . بل إنها انتجت أولاً بالصدفة عدداً كبيراً جداً من الجزيئات المختلفة ثم استخدمت من هذه الجزيئات لبدء عملية التطور البيولوجي تلك التي كان لها بالصدفة تأثير تحريضي (ضعيف بالتأكيد في البداية) على مادة تفاعلية ما .

بطريقة وحيدة الجانب أيضاً مشابهة لطريقة ثوربي يحاجج أيضاً جاك مونو المولع بتكرار مقولته عن أن الانسان هو نتيجة لتطور حصل بصدفة غير قابلة للتكرار وانه : «يحتل مكانه كالنَّوري على طرف الكون . على ضوء البنية الحالية للطبيعة الحية لا نستطيع أن ننفي الفرضية ـ لا بل على العكس نرجح أن الحدث الحاسم (أي ظهور الحياة لأول مرة على الأرض) قد حصل في كامل الكون مرة واحدة وحيدة . وهذا يعني أن الاحتمال البدئي لحصول هذا الحدث كان يقترب جداً من الصفر» .

إن هذا الإدعاء صحيح بما لا يقبل الجدل . لكنه لا يبرهن على أي شيء ، لأن جملته الأولى تتضمن

تعميماً غير مسموح.وأما جملته الثانية فلا محتوى لها . إذا ما محّصنا استنتاجات مونو نجد فيها الخطأ المنطقي الذي نجده لدى ثوربي لكنه عند الأول لا يظهر جلياً كما هو الأمر عند هذا الأخير.

أما التعميم غير المسموح فهو ان مونو يقول ان ظهور الحياة على الأرض هو حسب جميع الاحتمالات حدث واحد وحيد . يكمن التعميم في هذه الجملة في كونها ناقصة . كان يتوجب على مونو ان يقول : «ان ظهور الحياة بالشكل الخاص الذي اتخذته على الأرض . . .» . تتضمن الجملة بهذا المعنى الذي يستخدمها فيه مونو وبدون أي تعليل (ولذلك بطريقة غير مسموحة) الادعاء بأن الحياة على الأرض لم تكن لتستطيع أن تتحقق إلا بالشكل الذي نعرفه ـ أو لا تتحقق البتة . أما الجملة الثانية فلا محتوى لها لأن كل حدث منفرد يكون احتماله قبل حصوله «قريباً من الصفر» .

لننظر إلى هذه المسألة لغرض التبسيط على ضوء مثال في منتهى البساطة . لنأخذ مثال القرميدة التي تسقط بالصدفة من على سطح البناية . إنها تصطدم بأرض الرصيف وتتحطم متحولة إلى مئات الشظايا الصغيرة والأصغر والأصغر . عندما ندقق لاحقاً التوزع الذي اتخذته هذه الشظايا على الرصيف فاننا سنتوصل بالضرورة إلى الاستنتاج بأن الحالة الملموسة لهذه القرميدة المعينة يجب ان تكون في كامل الكون حدثاً فريداً غير قابل للتكرار ؛ اذ اننا نستطيع ان نقول باحتمال كبير جداً أن تساقط القرميد على الرصيف طيلة عمر الكون لن يؤدي تماماً إلى نفس التوزع الذي اتخذته شظايا هذه القرميدة . بكلمات أخرى : ان احتمال هذا الحدث ، اي احتمال ان يحصل مع كل توابعه هكذا وليس على شكل آخر ، كان قبل حصوله «قريباً من الصفر» .

كل هذا صحيح تماماً ، وكل هذا غير هام أصلاً . سوف لن يكتسب أية أهمية إلا عندما يتوجب علينا ان نستنتج من كل هذه الأفكار ان الإحتمال الضئيل جداً للحالة التي راقبناها ، اي حالة سقوط القرميدة ، يجعل هذا الحدث غير ممكن تقريباً . لكن هذا الاستنتاج هو تماماً الاستنتاج الذي يتوصل إليه مونو .

إن ما يقوله مونو هو في النهاية التالي : إن الحياة التي نراها حولنا هي بكل وضوح نتيجة لصدفة فريدة حصلت مرة واحدة فقط . (في وقت ما من التاريخ القديم يجب أن تكون قد وجدت لحظة توقفت فيها جميع الحياة الحالية على فرصة بقاء خلية بدئية ملموسة وحيدة) . إن الاحتمال بأن تتكرر الحياة بالشكل الذي اتخذته كنتيجة لتكاثر وتطور سلالة هذه الخلية البدئية الملموسة ، بأن تتكرر بالصدفة مرة أخرى على الأرض أو تنشأ بالصدفة في موقع آخر من الكون «يقترب من الصفر» . حتى هذه النقطة ليس لنا أي اعتراض على تسلسل الأفكار . لكن مونو يتابع (بشكل صريح أحياناً وبتلميح بين السطور أحياناً أخرى) قائلاً : إذا كانت الحياة على الأرض تمثل حالة شديدة الاستثناء فإن هذا يعني في نفس الوقت أننا نستطيع ان نقول باحتمال يقترب من المؤكد إنها لم توجد في أي مكان آخر في كامل الكون . وهذا هو الخطأ .

إنه خطأ تماماً كما لو استنتجنا من عدم امكان تكرار حالة القرميدة الساقطة من السطح بكل تفاصيلها وجزئياتها ان القرميد لا يسقط عملياً من السطح على الاطلاق . سيكون هذا الاستنتاج جائزاً

فقط فيها لو استطعت أن أبرهن أن القرميد لا يسقط عن الاسطحة إلا بهذه الطريقة المحددة وبنفس النتائج الملموسة . غير ان هذا غير وارد على الاطلاق . لكن هذا هو الافتراض الذي ينطلق منه مونو دون أن يعلله : إنه يفعل هكذا وكأن الحياة لا يمكن بالتأكيد أن توجد على أي شكل ينحرف عن الشكل الذي نعرفه .

نفس الاعتراض ينطبق أيضاً على استنتاجات باسكال جوردان. يتبنى جوردان ايضاً وجهة النظر بأن الحياة العضوية هي ظاهرة طبيعية تعتبر بالمقاييس الكونية نادرة وغير اعتيادية لا بل إنها على الأرجح حالةخاصة تحققت مرة واحدة فقط هنا على الأرض . أهم حجة لديه هي «وحدانية الأصل» أي انحدار جميع الحياة الأرضية عن بذرة واحدة وحيدة وجدت في الاحقاب القديمة .-أما استنتاجه فهو كما يلي : كم هي غير محتملة وكم هي نادرة ظاهرة «الحياة» ، هذا ما نستطيع استنتاجه من أن الطبيعة خلال مليارات السنين من العمل على الأرض لم تتمكن سوى مرة واحدة من تهيئة المقدمات اللازمة لنشوء الحياة من خلال بذرة وحيدة فريدة منعزلة .

إنني ببساطة لا أستطيع ان أفهم كيف يحاجج بهذه **الطريقة** نفس الرجل الذي يقول (بطريقة صائبة) في نفس المقال إنه من المؤكد أن عدداً كبيراً من الاشكال الحياتية المختلفة قد انقرض مراراً وتكراراً خلال مسيرة التاريخ التطوري **للحياة**. لا يذكر جوردان بكلمة واحدة الامكانية بأن الحياة لا بد أن تكون قد حاولت خلال هذه المليارات من السنين مرة تلو المرة تثبيت أقدامها على الأرض . لماذا يغمض عينيه عن الامكانية ، لا بل الاحتمال بأن مركبات جزيئية جديدة ومتجددة باستمرار قد نشأت خلال هذه المليارات الأربعة من السنين وتمكنت بهذه الطريقة أو تلك لفترة طويلة أو قصيرة من البقاء طبقاً لمبدأ الدورة التي شرحناها في الفصل السابق ؟

لا شك انه صحيح ان جميع الكائنات الحية الحالية تنحدر من جذر واحد . لقد سبق وشرحنا الآثار الجليَّة لهذه القرابة الشاملة . لكن كيف يستطيع شخص يعيش على كوكب عاصر فناء العظائيات وانقراض الكائنات العملاقة واختفاء عدد لا حصر له من الفصائل والأنواع الأخرى ، التي اضطرت لأن تخلي الساحة للمنافسين المتفوقين الذين تكيفوا بطريقة أفضل ، أن يستخلص من كل هذا استنتاجاً أحادياً بهذا الشكل ؟ أليس مرجحاً ان يكون الجد المشترك لجميع انواع الحياة الأرضية الحالية هو الكائن الوحيد الذي اجتاز بسلام المنافسة المريرة التي استمرت عدة مئات من ملايين السنين ؟

إن شمولية الشيفرة الوراثية والتطابق في سلاسل الحموض الأمينية للانزيمات ، الذي لا يمكن اعتباره مصادفة ، وجميع الشواهد الأخرى من القرابات الجينية هي ليست بالضرورة ، كما يفترض جوردان دون مناقشة ، برهاناً على وحدانية هذا الطريق . بل ان الأرجح من ذلك هو الافتراض انه في التاريخ المبكر للأرض وجد عدد كبير من البدايات المختلفة لتشكل الحياة ، أي من «المشاريع» الحياتية المختلفة ، بقي من بينها جميعها مشروع وحيد ،(الأنجع ، الأفضل) هو الذي انتصر في النهاية .

لو بدأ كل شيء مرة أخرى من البداية ، لو تمكنت قوة ما من اعادة الزمن ٤ مليارات سنة إلى الوراء ووضعت الأرض الأولى مرة ثانية أمام مهمة نشر الحياة على سطحها ، سوف لن ينتج بالتأكيد نفس ما نراه

حولنا اليوم . إن تكراراً مطابقاً تماماً لما هو قائم اليوم يعتبر غير محتمل بتاتاً ، أي ان الاحتمال بأن «تعني» نفسُ الشيفرة الثلاثية الأسسية نفسَ الحموض الأمينية وان تنتج عن ذلك صفوف الانزيمات المعروفة بالنسبة لنا وكذلك نفس علميات التمثل العضوي ـ وأن تتوصل فوق ذلك عملية التطور ، منطلقة من العدد الهائل من الامكانات الموجودة ، إلى ان تشكل من الخلايات ، ضمن الشروط المتبدلة للوسط ، مرة أخرى بالتحديد والضبط نفس الاشكال الحياتية التي نعرفها من طيور وأسماك وحشرات وثدييات ، هذا الاحتمال هو بدون شك «قريب من الصفر» .

إلا أنه لا يوجد حسابات ولا احصاءات تنقض الافتراض ان الأرض سوف تمتليء رغم ذلك بالحياة مرة أخرى . كل ما عرضناه حتى الآن من اتجاهات ومسار عشرة مليار عاماً من التاريخ الممتد حتى هذه اللحظة يؤيد العكس . إن وجهات نظر ثوربي ومونو وجوردان تقوم ، كما حاولت أن أبرهن ، على احكام مسبقة وليس على فرضيات معللة . لذلك نستطيع أن نكون متأكدين ان التطور الذي قطع كل هذا الطريق الطويل لن ينقطع في هذه النقطة لأن الصدفة والاحصائيات لا تجيز تكرار مساره التالي بكل تفاصيله وجزئياته .

** ** **

القسم الثالث

من الخلية الاولى حتى احتلال اليابسة

١١. عبيد خضر صغار

من يراقب خلية حالية بمجهر يرى منذ اللحظة الاولى أن ما يشاهده هو أكثر من مجرد كيس مملوء بالبروتين . لدى تكبيره الى درجة كافية يظهر هذا الكائن المجهري كعضو معقد التركيب . لقد مكننا المجهر الالكتروني من إلقاء نظرة شاملة على جميع مكوناته . إن تركيب هذه القطعة الأساسية في بناء الطبيعة الحية هو اليوم ، بعد ٣ مليار سنة من التطور البيولوجي ، على درجة عالية من التعقيد .

يوجد اليوم في أغلب الخلايا سلسلة كاملة من «العضيّات» العالية التخصص . يعبر عالِم الأحياء بهذا الاصطلاح عن تشكلات متميزة الشكل وواضحة الحدود موجودة في جسد الخلية ويمكن التعرف عليها بوضوح . لقد أصبحنا نعرف اليوم أن كل تميز في الشكل يترتب عليه تميز في الوظيفة أيضاً . يتعلق الأمر لدى هذه المكونات الخلوية ببنى تشبه (تقابل) الأعضاء لدى الكائن الحي الكثير الخلايا . ومن هنا جاء اسمها .

أكبر وأوضح هذه البنى هي نواة الخلية . قد نستطيع اعتبارها ـ وإن كان وجه الشبه بعيداً ـ دماغ الخلية . في هذه النواة تترابط الحموض النووية مشكِّلة الجنيات وهذه بدورها مشكلة الكروموزومات (الصبغيات الوراثية) التي يتم بمساعدتها توجيه بناء الخلية وتمثلها العضوي وجميع وظائفها الاخرى استناداً الى مخطط محدد ينتقل وراثياً . لقد تعلمنا جميعنا في المدرسة أن الدقة الهائلة ، التي تنقسم فيها هذه الكروموزومات قبيل كل انقسام خلوي ، مشكِّلة أنساقاً متقابلة كصور المرآة ، هي المقدمة الضرورية لكي يحصل كل من الخليتين الجديدتين الناشئتين على «نسخته» من هذا المخطط الذي لا غنى للحياة عنه .

هناك عضيّات اخرى هامة يسميها البيولوجيون : الجسيمات الكوندرية والجسيمات الريبية والجسيمات الخضر والأهداب الحركية . لقد أشار كشف تركيب ووظيفة هذه وغيرها من العضيات أن الخلية الصغيرة التي تبدو بسيطة تحتوي على قدر عال من تقسيم العمل .

يطلق العلماء على الجسيمات الكوندرية أيضاً تسمية «محطات الطاقة» الخلوية . حسب كل ما نستطيع ملاحظته الآن تجري على السطح الخارجي للأغشية الرقيقة ، التي تتألف منها هذه الجسيمات ، العمليات الانزيمية التي تستمد منها الخلية الطاقة اللازمة لوظائفها ونشاطاتها المتعددة . أما الجسيمات الريبية فهي معامل الانتاج في هذه الوحدة الصغيرة . إنها تنتج بناء على أوامر النواة جميع البروتينات ، أي الانزيمات وغيرها من المركبات البروتينية التي تحتاجها الخلية . لقد اكتشف العلماء في السنين الأخيرة أن للجسيمات الريبية عملياً القدرة الشاملة على انتاج أي نوع من أنواع البروتينات . كيفما كان نوع البروتين الذي «تكلفها» النواة بانتاجه فإنها تعدل برامج الانتاج فوراً وبدون أي تردد واضعة في خط الانتاج البرنامج المطلوب .

يتوجب هنا أن نذكر باختصار كيف يتمكن العلماء من دراسة حتى التفاصيل الدقيقة لوظائف هذه الأجزاء المنفردة الصغيرة من الخلية (الجسيمات الريبية مثلاً صغيرة لدرجة أنها لا تُرى إلا بالتصوير المجهري الالكتروني وهي جسيمات كروية الشكل) . لقد طور العلماء لهذا الغرض طريقة ذكية يستطيعون بواسطتها دراسة الخلية دون أن يلحقوا بذلك أي ضرر بالأجزاء المنفردة الناشئة . يقومون أولاً بتخريب الغشاء الخارجي الذي يحافظ على الخلية مجتمعة . يوجد لهذا الغرض امكانات مختلفة . احدى هذه الطرق الناجعة هي استخدام الموجات فوق الصوتية التي تحطم غلاف الخلية . حديثاً يستخدم العلماء غالباً انزيمات تحل جدار الخلية (منها مثلاً الانزيم «ليزوزيم») . من الطبيعي أنهم لا يفعلون هذا مع خلية منفردة وإنما مع قطع كاملة من النسج التي تحتوي عدة ملايين من الخلايا .

بعد معالجة الخلية بالموجات فوق الصوتية أو بانزيم ليزوزيم يحصلون على ما يسمى «منظومة خلوية حرة» . إن هذا ليس سوى محلول متجانس تسبح فيه الآن جميع مكونات الخلية بصورة طليقة بعد أن تحررت من غلافها . عندما ندرس مثل هذه «المنظومة الخلوية الحرة» نتأكد أن معظم عمليات التمثل العضوي التي تحصل في النسيج المدروس لم تزل تحصل في المنظومة الحرة . وهذا برهان على أن العضيات المسؤولة عن هذه العمليات لم تزل تقوم بوظيفتها .

أما الخطوة التالية فتقوم على عزل كل نوع على حدة من أنواع العضيات (الجسيمات الكوندرية أو الجسيمات الريبية أو الجسيمات الخضر والخ . .) التي نريد دراسة وظائفها . لا شك أن الحكي أسهل من الفعل . كيف سنستطيع فصل هذه الأعضاء الخلوية الدقيقة من السائل المخاطي الذي نتج عن معالجة الخلية بالموجات فوق الصوتية ؟ من البديهي أن الطرق الكيميائية غير واردة لأنها ستؤدي في أي حال الى الحاق الضرر بالمكونات الحساسة . لكن «اصطيادها» يدوياً بواسطة المشرحة المجهرية سيكون أيضاً معقداً وعسيراً لا يكفي معه الوقت الضيق المتوفر قبل موت العضيات لعزل كمية كافية لاجراء الفحوص الوظيفية .

للخروج من هذا المأزق لجأ العلماء الى الاستفادة من فروق الوزن القائمة بين مختلف أنواع العضيات المتفاوتة الحجوم . عندما نصب المنظومة الخلوية الحرة في انبوب اختبار ونتركه ساكناً لمدة معينة تترسب في القاع أولاً القطع الأكبر ، نتف الغلاف وشقف من النواة مثلاً . عندما نصب بعدئذ من

الانبوب بحذر السائل المتبقي فوق الراسب نكون قد فصلنا بقية مكونات المحلول الخفيفة عن القطع الأكبر .

أما الخطوة اللاحقة فتحصل بتقوية القوة المساعدة على الترسب بتعريض انبوب الاختبار الذي يحتوي السائل الى تأثير القوة النابذة . عندما يكون في البداية عدد الدورات منخفضاً تترسب في البدء الأجزاء الأثقل وهي الجسيمات الخضر الثقيلة نسبياً . عندما يحصل هذا نصب المحلول مرة اخرى في انبوب آخر ثم نعرِّضه مجدداً للقوة النابذة لمدة ٢٠ الى ٣٠ ساعة مع رفع سرعة الدوران شيئاً فشيئاً . بهذه الطريقة نحصل خطوة خطوة على رواسب من أجزاء الخلية الأخف ثم الأخف وهكذا . .

إذا ما حصل كل هذا بالعناية والخبرة اللازمتين نحصل أخيراً على رواسب يتألف كل منها من نوع واحد من العضيات . غير أننا لكي نتمكن بهذه الطريقة من التشتت الخلوي من عزل حتى الجسيمات الريبية الصغيرة بصورة خاصة يجب أن نبني نوابذ خاصة تولد لدى دورانها بسرعة ٥٠٠٠ دورة في الثانية قوى نابذة تفوق قوة جاذبية الأرض بحوالي ٢٠٠٠٠٠ مرة . عندئذ فقط تتكوَّم هذه الجسيمات الدقيقة وتبدأ بالتجمع كراسب في قاع الانبوب .

عندما نحصل بهذه الطريقة على مجموعة نقية قدر الامكان من الجسيمات الريبية نستطيع أن نجري عليها التجارب الهادفة . يتم هذا بصورة عامة بإضافة مجموعات المكونات الأخرى كل على حده الى هذه المجموعة ومن ثم دراسة ما يحصل . إذا ما أضفنا مثلاً الى مجموعة الجسيمات الريبية حموضاً نووية ، حيث تُشفر بنى المواد البروتينية ، عندئذ تبدأ فوراً هذه المنظومة الخلوية الحرة المؤلفة من جسيمات ريبية وحموض نووية بانتاج الجسيمات البروتينية المناسبة (طبعاً على شرط أن تكون الحموض الأمينية اللازمة متوفرة في الخليطة) . لن يكون الانتاج وفيراً ضمن هذه الشروط كما هو الأمر في حال الخلية العاملة لكن هذا شيء متوقع على ضوء الاجراءات القسرية التي قمنا بها والظروف السائدة غير الطبيعية .

بهذه الطريقة من الدراسة للمجموعات الخلوية المنفردة أصبح ممكناً لأول مرة التأكد من أن الجسيمات الريبية هي العضيات المسؤولة عن تركيب البروتينات . علاوة على ذلك فقد نجحت هذه الطريقة في إثبات «الطابع الاسبيرانتي» للشيفرة الوراثية ، الذي سبق وتحدثنا عنه . نستطيع أن نضيف الى مجموعة الجسيمات الريبية المأخوذة مثلاً من كبد أرنب حمضاً نووياً (بتعبير أدق : د ن س) مأخوذاً من أي مصدر لا على التعيين ، من الطيور أو الأسماك أو البكتريات أو أي كائن حي آخر ، رغم ذلك فإن الجسيمات الريبية «تفهم» الشيفرة الموجودة في د ن س دون أن تواجهها أية صعوبات في الترجمة وتبدأ في كل الأحوال فوراً بانتاج البروتينات المطابقة للبرنامج . تبرهن هذه النتيجة ليس فقط على التماثل الشامل للشيفرات الوراثية وإنما فوق ذلك وفي نفس الوقت على قدرة الجسيمات الريبية عملياً ، كما سبق وذكرنا ، على تنفيذ أي برنامج حمض ـ نووي يطلب منها .

إن مثل هذه المرونة هي في الظروف العادية مفيدة دائماً إذ أن «طرازاً» واحداً من «الآلات» يكفي الخلية لانتاج جميع البروتينات المختلفة التي تحتاجها . غير أنها من ناحية ثانية برهان آخر على القدرة الفائقة للكائنات الحية على التكيف وميلها الدائم الى استثمار جميع الامكانات المتوفرة في الوسط الذي

تعيش فيه ، وعلى أن متعضِّيات حية قد نشأت خلال عملية التطور استفادت من هذه البرمجة المفتوحة للجسيمات الريبية . إنها بالتحديد الفيروسات التي سبق وتحدثنا عنها باختصار . سوف لن نبالغ إذا قلنا ان هذه القدرة الكلية للجسيمات الريبية تشكل الأساس الذي يقوم عليه وجود هذه الفيروسات التي قد تكون أغرب الكائنات الحية الأرضية .

تترتب على قدرة الجسيمات الريبية المفتوحة وعلى شمولية الشيفرة الوراثية مجتمعتين نتيجة خاصة . إن الجسيمات الريبية لا تنتج فقط البروتينات الموجودة في الخلية التي تنحدر منها هذه الجسيمات ذاتها . إذا ما أخذنا مجموعة من الجسيمات الريبية ذات منشأ بشري وأضفنا اليها حموضاً نووية د ن س مأخوذة من نوى خلايا قنفذ البحر ، عندئذ تبدأ فوراً الجسيمات الريبية البشرية بانتاج بروتينات قنفذ البحر بما في ذلك تلك الأنواع التي لا وجود لها لدى الانسان على الاطلاق . لذلك إذا ما تمكن البشر يوماً ما من تركيب حموض نووية د ن س اصطناعياً وتزويدها ببرنامج يعود لجسم بروتيني غير موجود في الطبيعة فإن الجسيمات الريبية المضافة الى هذا الخليط سوف تتمكن ، على الأرجح ، من حل هذه المشكلة الانتاجية المخالفة للطبيعة .

إذا كانت البروتينات مثل الكلمات التي تتألف حروفها من حموض آمينية فإننا نستطيع تشبيه الجسيمات الريبية بالآلات الكاتبة التي يمكن عملياً بواسطتها عند استخدام نفس الحروف دائماً كتابة عدد لا محدود من الكلمات المختلفة . يتم استغلال هذه الامكانية من قبل الفيروسات . لقد تحدثت باختصار في الفقرة السادسة من هذا الكتاب عن الحياة غير الاعتيادية للفيروسات . اقتصرت هناك على القول ان الفيروسات توصلت الى أن تجعل الخلية تنتج جينات فيروسية بدلاً من أن تنتج الجزئيات التي تحتاجها هي ذاتها على الرغم من أنها بذلك تدمر نفسها بنفسها . الآن أصبحنا قادرين على أن نفهم بدقة كيف يحصل هذا . إن الفيروسات هي عملياً «مورثات لا جسم لها» . إنها لا تتألف إلا من حبل حمض ـ نووي يحتوي شيفرة تركيبه ذاته ومخطط بناء الغلاف الذي يضمه . عندما يقوم الفيروس بمهاجمة خلية ما يحصل هذا ، كما سبق وذكرنا باختصار ، بأن يتعلق الفيروس أولاً على جدار الخلية ثم يقوم بثقبه ويفرغ بعدئذ عبر الثقب حمضه النووي (أي يفرغ «ذاته» ، إ ذا ما غضضنا النظر عن الغلاف) في جسد الخلية .

تقوم الخلية بعدئذ بنقل الحموض النووية ، التي نفذت الى داخلها ، الى الموقع الذي تتواجد فيه عادة الحموض النووية في الخلية السليمة : أي الى نواة الخلية . لكن عندما يصبح الحمض النووي الفيروسي هناك يقف ببساطة بجانب أحد الحموض النوية الكثيرة الموجودة في الخلية والتي تشكل هنا برنامج قيادة الخلية ـ ينتج عن ذلك تغير مفاجىء لكامل برنامج الخلية تترتب عليه تبعات خطيرة .

لقد حل كشف هذه العملية واحدة من أكبر الأحجيات التي شغلت المختصين في البحوث الفيروسية عدة عقود من السنين . بالإضافة الى المصاعب الكثيرة التي واجهتهم بسبب ضآلة حجم هذه الفيروسات (التي لا ترى إلا بالمجهر الالكتروني) واجههم نوع من «الظاهرة الشبحية» . فور ما يهاجم فيروس ما الخلية يختفي بدون أي أثر . بعد مضي حوالي ٢٠ دقيقة ، عندما تبدأ الخلية المصابة بالموت ، يشاهد الباحثون الفيروسات ثانية . غير أنها الآن ليست فيروساً واحداً وإنما عدة مئات منها دفعة واحدة .

كانت هذه في الواقع هي الفيروسات التي أنتجتها الخلية المصابة خلال الوقت المنصرم كخلف لذاك الفيروس الذي دخل الى الخلية . أما ما حصل بالفيروس الأول نفسه فقد كان آنذاك لم يزل غامضاً .

ليس هناك ما يبعث على العجب في أن يواجه الباحثون صعوبة في ايجاد فيروس دخل الى داخل الخلية ، إذ لم يبق منه في هذه اللحظة إلا ما سبَّبه من «حمولة زائدة» ، أي الحبل الحمض ـ نووي . لذلك فإن البحث عنه في نواة الخلية ، التي تحتوي على مئات الآلاف من جزئيات الحموض النووية ، يشبه البحث عن جملة قصيرة لا تزيد عن نصف سطر في موسوعة مؤلفة من عشرين مجلداً . إذ أن الفيروس ، أي سلسلة الحمض النووي التي يتألف منها وحدها الآن ، أصبح في هذه اللحظة جزءاً من البرنامج الموجود في نواة الخلية وبالتالي «اختفى فعلاً» .

لا يحتاج المرء لأن يكون حقوقياً كي يستطيع أن يعرف أن جملة وحيدة مضافة لاحقاً الى نص ما يمكن أن تغير معنى كامل النص أو لربما تحوله الى نقيضه . هذه هي بالضبط الخدعة التي يعيش عليها الفيروس . يدخل حمضه النووي (أي الفيروس ذاته لأنه لا يتألف من أكثر من ذلك) في صلب «نص» البرنامج المؤلف من سلاسل الحموض النووية للخلية وفي الموقع الذي يعطي هذا البرنامج معنى مختلفاً تماماً : تصدر الخلية الآن فجأة تعليمات الى جسيماتها الريبية لانتاج الانزيمات (هنا تصبح القدرة الشاملة لهذه الجسيمات شراً مستطيراً) التي تصنع بدورها من مواد جسد الخلية حموض نووية فيروسية مع أعلفتها .

يجري كل هذا بسرعة مدهشة . اذ بعد حوالى ٢٠ دقيقة تكون قد نشأت في الخلية مئات الفيروسات التي هي صورة طبق الأصل عن ذاك الغازي الذي «اختفى» بالطريقة التي وصفناها . بذلك تكون الخلية ، خاضعة خضوعاً أعمى لبرنامج نواتها الجديد المحرَّف ، قد دمرت نفسها باستهلاكها للمادة ، التي تتكون منها هي ذاتها ، في انتاج فيروسات جديدة . وهكذا تموت وتتفكك . يؤدي تفككها إلى تحرر الفيروسات الجديدة الناشئة التي تقوم بمهاجمة خلايا أخرى وهكذا . . .

لم أقم بادراج هذا الخروج عن الموضوع ، متحدثاً عن التحول الحياتي الغريب للفيروسات ، في سياق وصف بعض العضيَّات الخلوية الهامة لأن هذه كانت فرصة مناسبة لشرح عمل الجسيمات الريبية . سوف نحتاج للمعلومات الجديدة التفصيلية حول الفيروسات في فصل لا حق . مهما كانت الطريقة ، التي كانت تستغل الفيروسات بواسطتها القدرة الواسعة للجسيمات الريبية وتماثل لغة الشيفرة الوراثية ، مدهشة فإن الحكاية لم تنته بعد . منذ عدة سنوات تتكاثر المؤشرات على أن التكتيك الأناني للفيروسات لم يلعب في النهاية في عملية التطور البيولوجي سوى دور الخصوصية المتميزة لـ «المحيط» التي ، عند وضعها في إطارها الصحيح ، تجلب الفائدة للتطور ككل . قد يكون ممكناً ان الفضل في وجودنا ووجود جميع الاشكال الحياتية العليا الأخرى على الأرض يعود إلى هذه الطريقة الفريدة في التكاثر الموجودة لدى الفيروسات (سنشرح هذه النقطة في فصل لاحق) .

أما الآن فلنعد إلى الخلية وعضياتها . لقد تحدثنا عن نواة الخلية وعن الجسيمات الكوندرية وعن الجسيمات الريبية . بقي علينا ان نتحدث عن الأهداب الحركية والجسيمات الخضر . لن تصبح دراستنا بذلك مكتملة تماماً لكن اقتصارنا على هذه العضيات الأهم يفي بغرض التسلسل الفكري الذي ننشده .

لنبق في مجال التشابه مع الأعضاء : يمكن تشبيه الاهداب الحركية بالأطراف الموجودة لدى الكائنات الحية العليا ؛ اذ انها تستخدم لانتقال الخلايا التي لها مثل هذه الاهداب (الأمر الذي لا ينطبق على جميع الخلايا) . تقوم هذه الجسيمات الشعرية بانكماشات وبضربات إيقاعية منتظمة تعمل كالمجاديف بحيث تتمكن الخلية الحرة السابحة في الماء بمساعدتها من التقدم بسرعة عالية نسبياً . لا نحتاج لأن نبرهن ان لهذه الآلية فوائد لا تحصى (لدى البحث عن الغذاء وقبل كل شيء ايضاً عند الهرب) .

من الناحية الأخرى فإن مقارنة الاهداب الحركية بالاطراف ليست دقيقة . هذا ما سنتأكد منه بسرعة عندما نلقي نظرة على ما حصل مع هذه الاهداب في عدد من الحالات خلال مجرى عملية التطور . واحدة من أهم التطبيقات واكثرها انتشاراً نجدها لدى ما يسمى «الاغشية الاهتزازية» . تتألف الطبقة العليا من الاغشية الاهتزازية ، أو الاغشية المخاطية ، الموجودة في الأنف وفي كامل المجاري التنفسية حتى أدق تفرعاتها لدى البشر ولدى كثير من الكائنات الحية الأخرى من خلايا مسطحة يغطي سطحها العلوي الحر عدد لا حصر له من الشعيرات (الاهداب) القصيرة . عبر كامل طول المجاري الهوائية لدينا يكون ايقاع الحركة لهذه الشعيرات المجهرية الدقيقة منتظماً بشكل ان تنشأ موجات تتحرك دائماً عبر كامل الاغشية التنفسية باستمرار وفي نفس الاتجاه كما يتحرك حقل من القمح تهب على سطحه رياح منتظمة باتجاه واحد .

تتجه الحركة دائماً من الأسفل إلى الأعلى ، أي من الداخل باتجاه البلعوم والفم والأنف . لا شك أن الهدف واضح . بهذه الطريقة تدفع الاغشية الاهتزازية الغبار والأجسام الغريبة الأخرى ، التي تدخل المجاري التنفسية مع الهواء ، من الرئة إلى الخارج مرة أخرى . هذا هو السبب الذي يجعل المدمنين على التدخين يسعلون كثيراً لأن الدخان يؤذي بسرعة هذه الأغشية بحيث لا تستطيع ممارسة وظيفتها التنظيفية . ينتج عن ذلك التهابات في الأغشية المخاطية يرافقها تزايد انتاج المخاط وتهيجات تؤدي إلى السعال .

من السهل ان نلاحظ ان شعيرات الاغشية الاهتزازية تماثل الاهداب الحركية في الخلية المنفردة الحرة ، إذ لا فرق من حيث المبدأ بين ان نحرك بالمجاديف زورقاً حراً وبين أن نربطه ونُحدث بتحريك المجاديف تياراً في الماء المحيط به . وبما أن الخلايا الاهتزازية في المجاري التنفسية مثبتة من الجهة السفلى لذلك لا تؤدي اهتزازات هدبياتها إلى تحريكها بل إلى حدوث تيار منتظم في الطبقة الرطبة ، التي تغطي الغشاء المخاطي ، ينقل الاجسام الغريبة إلى الخارج .

لكن وجه التشابه (بين الأهداب الحركية والاطراف) يضيع نهائياً عند اشكال أخرى من الطرق التي استخدم فيها التطور هذه الأهداب . هناك كثير من المؤشرات التي تدل على أن خلايا النظر الحساسة بالضوء في شبكية الحيوانات الأعلى هي انواع خاصة متطورة من الاهداب الحركية . لم يتضح حتى اليوم الطريق الذي سلكه هذا التحول الوظيفي اللامتوقع خلال الملايين من السنين .

آخر العضيات التي نود التحدث عنها هنا هي ما يسمى «كلورو بلاست» . تعني كلمة «كلوروس» (باللغة اليونانية) «أخضر» . أي أن الكلوروبلاستات هي ، بالترجمة الحرة ، بنى تستطيع ان تصنع اللون

الأخضر.لذلك نسميها «الجسميات الصانعة الخضر» أو «الجسيمات الخضر». إن الجسيمات الخضر كبيرة (يبلغ قطرها ٥ إلى ١٠ من الألف من المليمتر) لدرجة أننا نستطيع مشاهدتها بالمجهر الضوئي وبالتالي التعرف على لونها (أما المجهر الالكتروني فلا يعطي سوى صور فوتوغرافية مكبرة باللون الاسود ـ أبيض) . تظهر تحت المجهر الضوئي بوضوح في الهيولى الخلوية كجسيمات صغيرة خضراء عدسية الشكل .

من المهم جداً أن نذكر ان الجسيمات الخضر ليست موجودة لدى جميع الخلايا . توجد هذه العضيات الخلوية فقط في مجال محدد تماماً معروف من قبلنا جميعاً يقسم عرضانياً مملكة الطبيعة الحية . تكتسب الجسيمات الخضر لونها الأخضر مما تحتويه من مادة الكلوروفيل (اليخضور) أي المادة الملونة للأوراق . إن الخضرة الموجودة في جميع الأوراق النباتية والحشائش والإبريات والفصائل النباتية الدنيا تعود حصراً إلى لون الجسيمات الخضر الصغيرة اللا حصر لها الموجودة في خلايا هذه النباتات وفي خلايا جميع النباتات الأخرى تقريباً . توجد الجسيمات الخضر إذن فقط في الخلايا النباتية . علينا في الواقع ان نعبر بطريقة معاكسة : إن وجود جسيم أخضر واحد او عدة جسيمات خضر (تبلغ غالباً ١٠ إلى ٢٠) في خلية ما يجعل منها خلية نباتية . تحصل في الجسيمات الخضر عملية التمثل العضوي المسماة «التركيب الفوتوني» (التركيب الضوئي) الذي يميز جذريا النباتات عن الحيوانات .

الجسيمات الخضر هي إذن العضيات التي تستمد منها الخلية النباتية القسم الرئيسي من الوقود الذي تشغِّل به «الجسيمات الكوندرية» أو ما سميناه محطات الطاقة الخلوية . تنتج الجسيمات الخضر هذا الوقود بواسطة شكل من أشكال الطاقة التي تصلها ، بالمعنى الحرفي للكلمة ، لا سلكياً على شكل موجات كهرطيسية قادمة من الشمس . بكلمات أخرى : تستطيع هذه العضيات الشديدة الأهمية استقبال الضوء القادم من الشمس واستخدامه كمصدر للطاقة في تركيب المواد العضوية .

تستطيع ان تركب هذه المواد العضوية من الماء (الذي تمتصه من الأرض بواسطة جذورها) ومن غاز الفحم (الذي تأخذه من الجو) . بذلك تكون الجسيمات الخضر قادرة على أن تركب من هذين النوعين البسيطين من الجزيئات روابط عضوية أكثر تعقيداً (قبل كل شيء النشاء وأيضاً الشحوم والبروتينات) . لكي ندرك مدى أهميتها علينا فقط ان نتذكر ان هذه العضيات الخضراء المجهرية الصغيرة هي الكائنات الوحيدة على الأرض التي تستطيع فعل ذلك .

كانت امدادات المواد العضوية التي تحتاجها جميع الكائنات الحية كغذاء وكمواد بناء قد نفدت منذ زمن طويل لولا وجود الجسيمات الخضر التي تستطيع تحويل الضوء الشمسي إلى طاقة كيميائية مخزنة في الجزيئات العضوية . تقدر كمية المواد العضوية التي تنتجها هذه العضيات سنوياً على الأرض بما لا يقل عن ٢٠٠ مليار طن . لذلك فإن وجود الجسيمات الخضر في الخلايا النباتية يجعل وجود النباتات شرطاً ضرورياً لجميع أنواع الحياة الحيوانية .

أما البشر والحيوانات فعليهم العيش دون جسيمات خضر (لهذا الوضع فوائد أيضاً ، كما سنرى لاحقاً) ، لذلك لا يستطيعون العيش ببساطة من ضوء الشمس . إنهم يحتاجون في غذائهم وفي بناء

أجسامهم إلى المواد العضوية التي تستطيع النباتات حصراً مدُّهم بها .

هناك إذن نواة تتمركز فيها المورثات ، مضاف اليها الجسيمات الكوندرية والجسيمات الريبية وهناك أخيراً ، عندما يتعلق الأمر بخلية نباتية ، الجسيمات الخضر وهناك في بعض الحالات الأهداب الحركية ؛ هذه هي تقريباً الأجزاء الهامة من التجهيزات النموذجية العامة لخلية «حديثة» . مما لا شك فيه ان هذا يشكل منظمة متعددة الجوانب والاختصاصات بدرجة عالية (انها في الواقع أكثر تعقيداً مما عرضته هنا باختصار) . لدينا كل الأسباب التي تدعونا إلى الافتراض بأن خلية مجهزة بهذه الطريقة يجب أن تكون قد خلفت وراءها طريقاً طويلاً من التطور . تؤيد هذا الافتراض حقيقة أنه يوجد اليوم ايضاً خلايا ذات تركيب «قديم» أبسط بكثير تعيش بدون نواة وبدون عضيات محددة واضحة .

تنتسب إلى هذه الخلايا البدائية البكتيريات وبعض وحيدات الخلية مما يسمى «الأشنيات الزرق» . من الجائز ان يطابق تركيبها البسيط تركيب الخلية الأولى التي نستطيع تصورها على الاطلاق . لذلك إذا أردنا الآن متابعة التعرف على التاريخ الذي بدأ بالانفجار الكوني الأول وأدى من خلال مسيرته التطورية إلى وجودنا يتوجب علينا عند هذه النقطة أن نطرح السؤال حول الطريق التي سلكها التطور للانتقال من الخلية البدئية العديمة النواة إلى الخلية المتقدمة التي تحتوي على نواة واضحة الحدود وعلى عضيات عالية التخصص .

هذه هي مرة ثانية نقطة أخرى من النقاط التي بقيت غامضة حتى إلى ما قبل وقت قصير . لقد تمكنا الآن من تجاوز جميع العثرات دون أن نسقط مرة واحدة . من البديهي أننا تركنا عدداً كبيراً من الثغرات وهذا أمر لا يبعث على العجب . إذ علينا ان نتذكر دائماً أنه لم يمر حتى الآن سوى مائة عام منذ بدأ البشر لأول مرة يعتقدون بوجود مثل هذا النوع من التاريخ الذي أحاول سرده هنا . لذلك فإن تمكننا من التعرف على مجرى هذا التاريخ الشامل ولو بخطوطه العريضة يعتبر مدهشاً بما فيه الكفاية .

عندما أقول أننا تجاوزنا حتى الآن جميع العثرات بسلام فانني أعني بذلك اننا لم ندخل حتى الآن عند أية نقطة من نقاط هذه القصة في طريق مغلق . بغض النظر عن المسائل التي بقيت مفتوحة والجزئيات التي لم تزل مجهولة فقد تمكنا هنا أيضاً ، وإن كان لم يزل ينقصنا البرهان ، على الأقل من اكتشاف طرق معقولة وامكانات مقنعة حول التعرف على مسار التطور المرجح . لم نواجه حتى الآن أية نقطة تستطيع من الناحية المبدئية دحض الفرضية التي اعتمدناها في هذا الكتاب وهي : الإدعاء بأن تاريخ الكون منذ الغيوم الهيدروجينية الأولى أي منذ البدء البدئي وحتى نشوء الوعي ، الذي بدأ اليوم يدرك ويعيد تصميم وقائع هذا التاريخ ، قد سار بصورة مترابطة ومتسلسلة بحيث نتجت بالضرورة كل خطوة عن الخطوة (أو الخطوات) التي سبقتها .

إن الخطوة التي توصلنا إليها الآن كان من الممكن ان تبدو حتى إلى ما قبل بضع سنوات على أنها طريق مغلق ، إذ اننا لم نعثر على أي طريق للانتقال من الخلية البدئية العديمة النواة إلى الخلية المتطورة المحتوية على العضيات المتخصصة . من الممكن أن يزداد ارتباكنا لكون هذه الخلية القديمة ، كما ذكرنا ، لم تزل موجودة حتى اليوم ، اذ أن البكتريات والأشنيات تجسد هذه الخلية بكل وضوح وحيوية . غير أن

جميع الكائنات الحية العليا بما في ذلك النباتات كثيرة الخلايا وحتى معظم وحيدات الخلية (بروتوزونات) تتألف من خلايا تحتوي على التجهيزات «المتقدمة» التي وصفناها . أين هي الأشكال الانتقالية بين هذين التصميمين الطبيعيين التي يمكن أن تفسر لنا كيف نشأت الأشكال الخلوية الأعلى تطوراً من تلك البدائية ؟ لم يتمكن أحد من العثور عليها .

غير أن هذه الأحجية أيضاً بدأت تتكشف منذ وقت قصير . لم يعد الآن ، من المنظور الحالي ، مستغرباً لماذا لم يعثر أحد على هذه الأشكال الانتقالية المفقودة . لأنها على أغلب الظن لم توجد على الاطلاق . كما تبدو الأمور الآن لم يتطور أحد هذه الأنواع من الخلايات عن ذاك النوع الآخر مطلقاً . رغم ذلك سارت عملية التطور هنا أيضاً بصورة متتابعة ومتصلة . لكنها سلكت طريقاً لم يخطر على بال أحد .

سيتوجب علينا في الفصول اللاحقة من هذا الكتاب التحدث بإسهاب عن هذه الخطوة من تاريخ التطور التي سارت من الخلية البدئية العديمة النواة إلى النموذج المتقدم لـ «الخلية الأعلى» . إن الأمر يستحق بذل الجهد . سيواجهنا مبدأ جديد لتاريخ تطور الحياة ما كنا بدون معرفته لنستطيع فهم خط التطور اللاحق الذي أدى أخيراً إلى «اختراع» الكائنات ذات الحرارة الثابتة وإلى نشوء الدماغ الانساني .

ينطبق نفس القول على الأفكار المطروحة في القسم الأخير من هذا الكتاب حول مسار التطور المستقبلي الذي يتجاوز حاضرنا المعاصر . سنحتاج لتعليل هذا المستقبل أيضاً إلى الأفكار الناتجة من دراسة الطريقة المتميزة التي أدت إلى نشوء «الخلايا العليا» .

الآن يتبين لنا ، لاحقاً ، أن حل هذه المشكلة قد حصل قبل حوالى ٧٠ عاماً من قبل عالم نبات ـوسي هو البارون ميرشكوفسكي . غير أن أقوال ميرشكوفسكي كانت مجرد ظن أو تكهناً جريئاً لم يكن يتوفر آنذاك ، في مطلع هذا القرن ، أدنى برهان على صحته . لذلك نستطيع أن نعذر الأوساط العلمية لعدم اهتمامها آنذاك بمحاولة التفسير هذه . يوجد في العلوم أيضاً كثير من التكهنات والفرضيات . لكن البرهان هو الشيء الوحيد الذي يستحق الاعتبار .

توصل ميرشكوفسكي إلى فكرة تقول ان الجسيمات الخضر في الخلايا النباتية التي درسها قد لا تكون أصلاً عضيات خلوية أي أنها ليست أجزاء شرعية من الخلايا التي تقوم بعملية التركيب الضوئي في داخلها . لقد ذكّره مظهرها بنوع من أنواع الاشنيات الزرق ، التي سبق وذكرناها ، أي ما يسمى «الأشنيات» الخضراء ـ الزرقاء» . هذه هي أيضاً وحيدات خلية بدائية بدون نواة وبدون عضيّات لكنها تقوم بعملية التركيب الضوئي .

لا تمتلك هذه الأشنيات الخضراء ـ الزرقاء ، كما قلنا ، عضيات أي ليس لديها جسيمات خضر . قد تكون هي ذاتها ، بكاملها ، مجرد جسيمات خضر ؟ عندما توصل ميرشكوفسكي إلى هذه الخاطرة الذكية عللها كما يلي : ان التركيب الضوئي هو عملية كيميائية شديدة التعقيد . لذلك نستطيع ان نفترض ، انطلاقاً من مبدأ الاقتصادية الطبيعية ، ان الطبيعة لم تطور مثل هذه الآلية الصعبة سوى مرة واحدة . كانت الأشنيات الخضراء ـ الزرقاء تعرف هذه الآلية . هل كان محتملاً أن تكون كائنات أخرى ،

الجسيمات الخضر ، قد تعلمت أيضاً من جديد مرة أخرى وبصورة مستقلة نفس هذه العملية الصعبة ؟

استنتج ميرشكوفسكي فوراً ان الأشنيات الخضراء ـ الزرقاء والجسيمات الخضر هي شيء واحد . من الواضح ، هكذا ادعى هذا العالم الروسي ، أن عدداً من الخلايا الأخرى (التي أصبحت بذلك أسلاف النباتات الحالية) قد سيطر على الأشنيات الخضراء ـ الزرقاء وحبسها في جسده كي يستفيد من عملها المنتج للغذاء . بذلك تكون الجسيمات الخضر ليست سوى أشنيات خضراء ـ زرقاء أسرتها خلايا غريبة وفرضت عليها انتاج المواد الغذائية لصالحها .

ابتهج ميرشكوفسكي بخاطرته لدرجة أنه حاول ، بلا أي حذر ، وضع نظرية لتفسير الفرق في طريقة الحياة بين الحيوانات والنباتات فكتب يقول : «إن تعطش الأسد إلى الدم يعود في النهاية إلى أن هذا الحيوان مضطر لأن يكسب رزقه (غذاءه) بتعبه . أما النباتات فهي مسالمة وسلبية لأنها تحتفظ في خلاياها بعدد لا حصر له من العبيد الخضر الصغار الذين يخدمونها وينوبون عنها في تنفيذ هذه المهمة» .

لقد سخر الاخصائيون من ميرشكوفسكي بسبب هذه «التخبيصات» . من المؤكد ان هذا العالم الروسي قد ذهب في محاولاته التفسيرية إلى أبعد من اللازم . أما فيما يتعلق بآرائه حول منشأ الجسيمات الخضر فقد حصل العلماء حديثاً على البراهين الأولى التي تؤيد صحتها : إنها «عبيد خضر صغار» .

**　　**　　**

١٢. التعاون على مستوى الخلية

إذا أردنا أن نفهم كيف تم أسر الجسيمات الخضر علينا أن نتوسع قليلاً في الموضوع . من الضروري أولاً أن نضع أمام أعيننا حالة المحيط الذي توجب على هذه الخلايا البدئية العديمة النواة أن تعيش فيه . كانت تسبح في محيطات الأرض الفتية . على سطح اليابسة لم تكن لها أية فرصة لا لأن تنشأ ولا لأن تعيش . وحده الماء قدم وسطاً استطاعت أن تتم فيه جميع التفاعلات الكيميائية واللقاءات على المستوى الجزيئي التي كانت ضرورية لنشوء المركبات البيولوجية المضاعفة أولاً ثم الخلايا الاولى بعد ذلك . أما على اليابسة فقد كانت رجمات الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس لا ترحم لدرجة أن أياً من الجزئيات المعقدة التي تقوم عليها الحياة لم يكن سيستطيع البقاء مستقراً هناك .

في هذه المحيطات الاولى كانت تسبح إذن الجزيئات العضوية المختلفة والمركبات المضاعفة وأخيراً أيضاً الخلايا البدائية التي نشأت منها والتي مثّلت الأشكال الاولى على الأرض ، التي بدأت تتخذ لنفسها في قليل أو كثير كياناً مستقلاً عن الوسط المحيط بها . أما الطاقة التي كانت تحتاجها والمواد الأولية اللازمة لانتاج هذه الطاقة فلم تكن تستطيع الحصول عليها في البدء إلا مما هو متوفر في محيطها من الجزيئات الكبيرة المتشكلة بطريقة لا عضوية . بكلمات اخرى : لقد بدأت الكائنات الحية الأرضية الاولى منذ لحظة وجودها بالتهام المواد التي نشأت منها هي نفسها .

سبق وشرحنا باسهاب تسلسل العمليات المعقدة التي أدت الى نشوء هذه الجزيئات الكبيرة والمركبات المضاعفة . يجب أن تكون قد مرت عدة مئات من ملايين السنين حتى تمكنت من التجمع في المحيطات الاولى بشكل مكّن من نشوء المركبات البروتينية الحمض ـ نووية الاولى التي تعرفنا عليها كهيكل وظيفي للخلايا الاولى . أصبح الآن من السهل على الخلايا أن تقوم بتفكيك هذه المركبات

البروتينية ثانية كي تستفيد من الطاقة الكيميائية المتحررة نتيجة لذلك . كانت هذه العملية تتم بسرعة أيضاً .

هنا واجه (لأول مرة !) التركيب اللاعضوي البطيء والعسير لهذا النوع من المكونات الجزيئية «نَهَم» الخلايا الحية . في هذه المرحلة ، بعد فترة قصيرة من تشكل البنى الحية الاولى يجب ، منطقياً ، أن يكون تركيز الجزيئات العضوية في المحيطات الاولى قد تراجع ثانية وبسرعة كبيرة . بتعبير أوضح : كانت الخلايا الاولى الآن في صدد قطع الغصن الذي تسلقت عليه لتوها بعد «جهد عسير»

راحت الأغذية تتناقص وتتناقص . كانت عملية نشوء جزيئات جديدة بطريقة لا عضوية أعقد وأبطأ من أن تتمكن من سد مثل هذه الحاجة التي كانت حتى ذاك الوقت مجهولة تماماً . هكذا وجدت الحياة نفسها بعيد ظهورها على سطح الأرض أمام خطر جسيم يتهدد وجودها بدا على أنه لا مخرج له . غير أن حقيقة كوننا اليوم نستطيع أن نرهق أذهاننا بالبحث عن حل لهذه المشكلة تبرهن على أن هذا الحل يجب أن يكون قد وجد فعلاً . كيف أمكن أن يوجد ؟

إننا لا نعرف بالضبط . الجواب المرجح الذي يقدمه العلماء اليوم ينطلق من الفروق التي نستطيع افتراضها لدى الخلايا البدئية . كان لهذه الخلايا حقاً منشأ مشترك من حيث أنها نشأت جميعها بطريقة لا عضوية (بدون أهل) . لكنها ليست مضطرة بسبب ذلك لأن تكون متماثلة لا في بنيتها ولا في وظائفها . كانت جميعها محاطة بغشاء كغلاف خارجي يفصلها عن المحيط لأن التمثل العضوي «المستقل» (أي المعزول الى حد ما عن العمليات الكيميائية الجارية في الوسط المحيط) لن يكون ممكناً بدون هذا الفصل .

غير أن التركيب الكيميائي لهذه الأغشية يمكن أن يكون مختلفاً مما يؤدي الى نشوء نماذج مختلفة من الأغشية . لكن التركيب الكيميائي يحدد بدوره الاختيارات التي يتخذها مثل هذا الغشاء بين الجزيئات التي تمكن مبادلتها بين داخل الخلية ومحيطها . التركيب المختلف لأغشية الخلايا المختلفة يعني إذن فروقاً أساسية في نوع تمثلها العضوي (وبالتالي في نشاطاتها الوظيفية) . علاوة على ذلك فمما لا شك فيه أن الفروق ، في هذه المرحلة من تشكل الأنواع الخلوية ، كانت أكبر فيما يتعلق بالتجهيزات الانزيمية الاولى .

لسنا متأكدين عما إذا كانت جميعها في الأصل تعمل على مبدأ الآلية ـ البروتينية ـ الحمض ـ نووية (د ن س) ، التي سبق وشرحناها . إن عدم معرفتنا لخلايا أخرى اليوم لا يعبر عن شيء في هذا الصدد . أود أن أكرر انه لم يكن غير ممكن ، بل بالعكس كان مرجحاً ، أن تكون آنذاك ، عند بداية معركة تنازع البقاء الكبرى المسماة «تطور» ، قد وجدت أيضاً خلايا ، كانت تعمل وفق مبادىء أخرى تماماً ، توجب عليها ، لدى الخطوات التطورية اللاحقة ، أن تخلي الساحة منهزمة أمام منافساتها الأقوى . سنرى لاحقاً أن مثل هذا الاصطفاء أو «الانتخاب» لم يزل يعتبر حتى اليوم القانون التنظيمي الذي أدى ، في تاريخ الأنواع البيولوجي ، دائماً الى نشوء أشكال حياتية جديدة وقبل كل شيء أعلى تطوراً . لماذا لا نفترض إذن وجود هذا القانون التنافسي أيضاً لدى الخطوة الاولى الحاسمة في هذا التاريخ البيولوجي ؟

حسب جميع الاحتمالات يجب أن تكون قد وجدت في هذه المرحلة الحياتية الاولى بين الخلايا الكثيرة المختلفة التركيب والوظائف أيضاً خلايا كانت هيولاها تحتوي جزيئات البورفيرين . لقد سبق وذكرت أن

هذه الرابطة الكيميائية الخاصة تنتسب الى الجزيئات التي تنشأ بسهولة بطريقة لا عضوية (لأن مكوناتها نشيطة تفاعلياً لأسباب فيزيائية وكيميائية) . أيدت ذلك تجارب ميلر وغيره ممن قلدوه كما أيده أيضاً اكتشاف روابط بورفيرينية في الفضاء الحر .

لكن إذا كان البورفيرين لهذا السبب قد وجد بغزارة نسبية بين جزيئات المحيطات الاولى فإننا نستطيع أن نفترض أن بعض الخلايا التي نشأت آنذاك قد استخدمته كمادة أولية في تركيبها . حصل هذا بالصدفة المحضة ولم تكن له في البداية أية أهمية تذكر . غير أن هذه الحالة تغيرت فوراً عندما بدأت الأزمة الغذائية الأرضية الاولى كنتيجة لاختلال التوازن بين امدادات الجزيئات العضوية الجديدة المتشكلة بطريقة لا بيولوجية وبين حاجة الخلايا الناشئة لتوِّها لهذه الجزيئات .

يملك البوريفيرين ، مرة اخرى بالصدفة البحتة ، خاصية امتصاص ، «ابتلاع» ، الضوء المرئي في المجال الطيفي (أي في المجال الذي يصل عملياً بدون إعاقة الى سطح الأرض تحت جميع الشروط الجوية) . لكن بما أن الضوء ، شأنه شأن جميع الموجات الكهرطيسية ، ليس سوى شكل من أشكال الطاقة الخاصة ، فإن هذا يعني أن جزيئات البوريفيرين تستطيع امتصاص الطاقة الموجودة في ضوء الشمس المرئي .

بذلك منحت الخلايا التي تحتوي في جسدها بالصدفة جزيئات البوريفيرين فرصة رائعة لم تكن تحلم بها . إذ تحولت الآن فجأة ، كنتيجة للتبدل العميق في شروط الوسط المحيط ، ملكيتها (كميات البورفيرين) ، التي كانت حتى ذاك الوقت بدون قيمة ، الى ميزة حاسمة . (هذه هي الآلية النموذجية التي لم تزل حتى اليوم تدفع عملية التطور الى الأمام) . بينما كانت زميلاتها ، التي لا تحتوي على البورفيرين ، تتعرض لخطر الموت جوعاً ، وبدأت بدون شك التهام بعضها البعض كلما سنحت الفرصة بذلك ، كانت هي حصراً تمتلك الآن مصدراً إضافياً للطاقة . أصبحت الآن في وضع يشبه ، بتعبير مجازي ، عدداً قليلاً من المتميزين الذين يحصلون في أثناء كارثة غذائية على طرود من منظمة خارجية للمعونة .

دون أن نبذل جهوداً كبيرة في التفكير بالطريقة التي استخدم فيها هؤلاء الملاكون السعداء الطاقة الضوئية التي تصلهم مجاناً من الشمس ، نستطيع أن نكون متأكدين أنهم أخذوا منها كل ما يفيدهم . غير أن الطاقة التي كانوا يحصلون عليها بهذه الطريقة كانوا يستطيعون ، في حال التغذية التقليدية ، إدخارها . هذا هو أمر مؤكد استناداً الى القوانين الفيزيائية حول بقاء الطاقة لأن هذه القوانين تنطبق على المتعضيات الحية أيضاً . لو كان الأمر غير ذلك لما كنا نحتاج الى الغذاء .

إنها فرصة سعيدة بالنسبة لتسلسل أفكارنا اننا نستطيع تطبيق هذا القانون هنا لأن ما من أحد يعرف حتى اليوم ما هي بالتفصيل العمليات الكيميائية والانزيمية التي مكنت الخلايا التي تحتوي على البورفيرين من استغلال الطاقة الضوئية . رغم البحوث المستمرة عشرات السنين لم تفسر تفسيراً كاملاً عملية التركيب الضوئي ذات الأهمية الحياتية والتي تطورت عن هذه البدايات البدائية . لكننا انطلاقاً من السبب المذكور نستطيع رغم ذلك أن نكون متأكدين أن طريقاً جديداً للتغذية قد فتح أيضاً فجأة أمام «أكلة الضوء» تلك في وضع التنافس الشديد الذي وصفناه .

لكن الخلايا الأولى التي امتلكت هذه التكنولوجيا لم تكن بالتأكيد قادرة بعد على الاستغناء عن المواد العضوية في غذائها كما أصبح الأمر لاحقاً لدى النباتات المتطورة . لم تكن سوى الخطوة الأولى . لكن مهما كانت هذه الميزة ضئيلة فقد أمَّنت في الظروف المذكورة سبقاً حاسماً . بينما أخذ عدد جميع الخلايا الأخرى يتناقص يوماً بعد يوم بسبب نقص الغذاء ، بدأ هذا الطراز الخلوي يتكاثر .

في نفس الوقت تزايد عدد الحالات التي تقوم فيها الخلايا التي لا تمتلك البوريفيرين بإلتهام الخلايايات التي تمتكله . كانت تفعل هذا ، على الأرجح ، بنفس الطريقة التي تتبعها اليوم وحيدات الخلية : تقوم أولاً بادخال الفريسة كاملة عبر فتحة في الغشاء الخلوي إلى جسدها الهيولي ثم تبدأ بتفكيكها كي تتمكن من الاستفادة من جزيئاتها كغذاء في عملية تمثلها العضوي . يجب ان تكون هذه العملية قد حصلت آنذاك مرات لا حصر لها .

لكن يجب ان يكون الأمر في بعض الحالات ، ولو في عدد قليل من الحالات ، قد حصل بطريقة أخرى أو لنقل أكمل طريقه بشكل آخر . في هذه الحالات أيضاً تم ابتلاع الخلايا الصغيرة (كانت بالتأكيد اصغر بكثير من تلك التي تبتلعها وإلا لما تمكنت هذه من ذلك) المحتوية على البورفيرين من قبل الخلايا الأكبر وأيصالها إلى الجسد الهيولي . لكن العملية توقفت عند هذه النقطة . لسبب ما ، كنتيجة لجملة من المصادفات لم يحصل تفكيك الفريسة في هذه الحالات القليلة (أو لربما في حالة وحيدة واحدة ؟) . ربما كانت الخلية المفترسة تفتقد بالصدفة الانزيم اللازم لتحطيم غشاء الخلية المحتوية على البورفيرين .

كانت العملية بكاملها ، مرة أخرى ، نتيجة لتوافق عدد من الظروف المختلفة ، بالصدفة . في ملايين المرات الأخرى كان يتم هضم الفريسة . أما هذه المرة فلم يحصل ذلك . في هذه الحالة الشاذة كان ، مرة ثانية ، نقص الانزيم في الخلية المفترسة نقطة انطلاق غير محسوبة مسبقاً لخطوة تطورية حاسمة : لقد بقيت المتعضية الصغيرة المغدورة ، التي وضعتها الخلية الأكبر في جوفها ، بقيت حية وتابعت بمساعدة جزيئاتها البورفيرينية تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية ، كما هي عادتها اصلاً . بذلك اصبح عسر هضم الفريسة بالنسبة للصياد مكسباً من نوع جديد تماماً . لم يقع في هذه المرة الحاسمة على غذاء اعتيادي يسكن له جوعه لفترة عابرة وإنما على رأسمال يؤمن له منذ هذه اللحظة ريعية دائمة .

يعتقد كثير من العلماء اليوم ان الخلية النباتية الأولى قد نشأت بهذه الطريقة . الخلية الأولى التي كانت قادرة على وقاية الحياة الأرضية من خطر الموت جوعاً لأنها لم تكن مضطرة إلى الاعتماد (أو إلى الاعتماد حصراً) على الجزيئات العضوية الموجودة في محيطها ، التي راحت كمياتها تشح يوماً بعد يوم ، لمدها بالغذاء الذي يؤمن لها الطاقة التي تحتاجها : لقد اصبحت الآن هي نفسها قادرة على تركيب هذه الجزيئات اللازمة للحياة بواسطة ضوء الشمس من مواد غير عضوية .

أصبحت الآن إعادة التوازن ممكنة : اصبح الآن بامكان الخلايا البورفيرينية نفسها و «ملاك العبيد» التكاثر بلا أية مصاعب في وسط يفتقر أكثر وأكثر إلى الأغذية الاعتيادية . وبذلك اصبحت الجدودَ الأولى للأشنيات الخضراء ـ الزرقاء وللنباتات الحالية . لكن في نفس الوقت وبنفس المقدار الذي تزايد فيه عدد هذه الخلايا حصل ايضاً عدد من الخلايا المتبقية من الطراز العديم البروفيرين على فرص جديدة للبقاء .

كان هذا ينطبق في كل حال على تلك الأعداد منها التي تمكنت من التخصص في الوقت المناسب على الافتراس متخذة من «آكلات الضوء» إحدى وجباتها المفضلة .

بهذه الطريقة نشأت انذاك ، على ما يبدو ، الأسلاف الأولى لجميع الحيوانات الحالية (وبالتالي اسلافنا أنفسنا أيضاً) . اننا إذاً ، من هذا المنظور ، الخلف البعيد لتلك الخلايا التي تضررت آنذاك في باديء الأمر من عملية التطور بحيث لم تستفد من التقدم الذي نتج عن ابتلاع الخلايا المحتوية البورفيرين . لقد تمكن اسلافنا هؤلاء من البقاء لسبب وحيد هو أنهم تحولوا إلى التغذية بمواد عضوية حية . كانت هذه المواد في البداية قبل كل شيء أجساد الخلايا النباتية الماصة للضوء . غير انه لم يمض وقت طويل حتى اكتشف هذا الطراز الخلوي «الحيواني» ، الذي أرغمه تطور الظروف على اتخاذ كيان مفترس ، أن نظيراته من الخلايا المماثلة تحتوي أيضاً على هذا الغذاء القيم .

لم يكن قد بقي سوى الأشنيات الخضراء ـ الزرقاء ثم تلك الخلايا التي ابتلعت الاشنيات الخضراء ـ الزرقاء كـ «جسيمات خضر» وأخيراً الخلايا العديمة البروفيرين التي كانت تتغذى على خلايا حية أخرى . أما جميع الخلايا والتصاميم البيولوجية الأخرى فقد سقطت ضحية الجوع ولم يبق لها أي أثر . لقد اختفت في عالم الأموات مع جميع البذور الحياتية الأخرى التي يدعي باسكال جوردان أنها لم توجد على الاطلاق .

إن هذه الأفكار تدفع إلى الظن بأنه آنذاك ، عندما بدأت الحياة قبل ٣,٥ مليار سنة بتثبيت أقدامها على الأرض قد اتخذ قرار ترتبت عليه نتائج حددت الخطوط الأساسية لسلوكنا ومجتمعنا الحاليين . قد يكون الاضطرار إلى استخدام المتعضيات الحية الأخرى كغذاء قد شكل البذرة لجميع أشكال العدوانية اللاحقة . قد يسهِّل علينا سير الأمور ، الذي أدى إلى هذا الاضطرار ، فهم العلاقات القوية القائمة بين الاستعدادات العدوانية لدى الكائن الحي ونوعية غذائه . لكن الدارة لن تنغلق إلا بعد ايجاد الحل النهائي الكامل لأزمة الغذاء العالمية تلك الذي لن يكون ممكناً إلا بكشف جميع أسرار عملية التركيب الضوئي .

لقد نمت البشرية اليوم إلى درجة ان التوازن بين امدادات المواد الغذائية العضوية وبين الحاجة لها قد بدأ يهتز مرة أخرى من جذوره (لأول مرة بعد تلك المرة التي حصلت قبل ٣,٥ مليار سنة) . . اليوم أيضاً يكمن المخرج الأساسي الوحيد من هذه الأزمة في أن نتعلم بسرعة كيف نستطيع استخدام الطاقة الضوئية الشمسية في غذائنا . عندما نتعرف على جميع أسرار عملية التركيب الضوئي سوف نستطيع ـ مع «تأخر» قدره بضع مليارات من السنين ـ بوسائل تكنولوجية تكرار الخطوة التي قامت بها الأشنيات الخضراء ـ الزرقاء قبل كل هذا الوقت الطويل . عندئذ سنستطيع التحرر من اعتمادنا على الغذاء ذي المنشأ الحيواني والنباتي لأننا سنكون قادرين على انتاج المواد الغذائية العضوية من الماء وغاز الفحم (الموجود في الجو) وبعض المعادن الأرضية صناعياً وبكميات غير محدودة عملياً.

هل سيكون تفاؤلنا مفرطاً إذا علقنا الأمل على أن هذه الامكانية ستحرر البشرية نهائياً ليس فقط من جميع الهموم المرتبطة بتأمين الغذاء وانما ايضاً من طريقة التغذية التي تعتمد بصورة أساسية على

الافتراس الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى تخفيض الافراط في الاستعدادات العدوانية التي نرصدها اليوم بكثير من القلق ؟

لا شك ان الطريق الملتوي الطويل الذي امتد مليارات السنين والذي أدى بنا أخيراً إلى حل المشكلة بهذه الطريقة المغرقة في القدم لم يكن ، من الناحية الأخرى ، بدون فائدة . بل لقد فرض الزمن الطويل الذي مضى بدون وجود الجسيمات الخضر من خلال تطور الحيوانات وبالتالي من خلال تطورنا انفسنا نشوء عدد كبير من القدرات والوظائف المعقدة (التي ليست سوى وظائف تعويضية وقدرات فرضها المحيط) ، التي لم تكن النباتات ، التي يقوم وجودها على «الاستعباد» ، بحاجة لها . إن الأسد يختلف عن النبتة ليس فقط بتعطشه للدم ، كما يقول ميرشكوفسكي ، وإنما بمرونته الحركية وبحواسه و بـ«الوعي» والقدرة على رد الفعل تبعاً لتغيرات المحيط بسرعة ليست ممكنة إلا بواسطة الجهاز العصبي لكائن ثابت الحرارة يتنفس الاوكسجين .

يوجد منذ بعض الوقت مؤشرات ملموسة على أن طريق التطور المحتمل ، الذي شرحته في الصفحات الأخيرة ، ليس مجرد «حكاية لصوص» . تقدم البحوث الجارية في السنين الأخيرة باستمرار أدلة جيدة على أن الأحداث قد جرت آنذاك بهذا الشكل تقريباً . أحد هذه الدلائل المثيرة للاهتمام هي الطريقة التي يتعامل فيها حيوان البورزاريا (حيوان صغير يشبه الحذاء المنزلي طوله ٠,٣ مم يعيش في الماء الآسن وهو نوع من أنواع الأشنيات الزرقاء ـ الخضراء) مع أشنية كلوريلا .

يحتوي حيوان البورزاريا على جميع العضيات التي تتألف منها الخلية الحديثة المتطورة . لكنه لا يحتوي على الجسيمات الخضر . لذلك فهو يعتمد في غذائه على وجود الجزيئات العضوية . وهو نفسه لا يستطيع تركيب هذه الجزيئات من المواد اللاعضوية . فهو إذن ، اذا انطلقنا من التقسيم الثنائي للطبيعة الحية إلى مملكتين نباتية وحيوانية ، حيوان . لكن مراقبته الدقيقة أشارت إلى ان هذا التصنيف يقف على قوائم مهزوزة .

لقد تعلم هذا الحيوان الغريب أن يبتلع عدداً محدداً تماماً من أشنيات كلوريلا تساعده على تأمين غذائه . أما عدد الأشنيات التي يبتلعها (غالباً ٣٠ إلى ٤٠) يتفاوت من نوع إلى نوع وهو محدد وراثياً . نستطيع بواسطة تجارب مختلفة أن نتأكد أن الأمر لا يتعلق هنا بجسيمات خضر وانما بأشنيات خضراء مستقلة .

تمكن العلماء تحت المجهر من استخراج الاجزاء الخضراء الدقيقة من داخل هذا الحيوان بحذر وعزلها لوحدها دون الحاق أي ضرر بأي من الطرفين . إذا ما قمنا بمثل هذه العملية لدى خلية نباتية حالية فلن يتمكن أي من الطرفين العيش منفرداً . ولكن انظر هنا : يتابع حيوان البورزاريا نموه العادي وكأن شيئاً لم يحصل كما أن الأجسام الخضراء المستخرجة من جسده تنمو وتتغذى وتتكاثر . لقد تبين أن هذه الأجسام الخضراء هي أشنيات كلوريلا (وهي خلايا مستقلة بدائية لا تحتوي على نواة) وليس عضيات خلوية لا مستقلة .

يكمن الاكتشاف الثاني ، الغني بالنتائج المفيدة ، في أن حيوان البورزاريا الذي سُحبت منه أشنياته

يتابع نموه وتكاثره الانشطاري طالما توفرت في محيطه أغذية عضوية . إذا لم يوفر له الباحثون الامدادات اللازمة فيموت جوعاً. إن هذا بحد ذاته لا يتضمّن شيئاً متميزاً. لكن النتيجة تتغير فوراً عندما نضيف إلى المحلول الذي يسبح فيه أشنيات خضراء ـ زرقاء من الطراز الذي تخصص به هذا الحيوان . لدى أول احتكاك يقوم حيوان البورزاريا فوراً بابتلاع واحدة من هذه الأشنيات . ومهما كان جائعاً الآن فإنه لا يهضم تلك الأشنة التي ابتلعها . بل على العكس تبدأ هذه الأشنة بالنمو ثم بعد وقت قصير بالتكاثر بطريقة الانقسام .

أما النقطة التالية والأخيرة فهي الأكثر غرابة وإذهالاً . إن الأمر يبدو تقريباً هكذا وكأن هذا الحيوان يستطيع العدّ : تتابع أشنة كلوريلا المبتلَعة انقسامها في جوف حيوان البورزاريا حتى يصل عدد أفرادها بالضبط إلى العدد الذي تخصص به هذا النوع من أنواع هذا الحيوان ، أي حتى يصبح لديه عدد محدد من «العبيد» يطابق حاجته بالضبط . بعد ذلك تتوقف عملية التكاثر . لذلك يتوجب علينا أن نفترض انه يوجد لدى هذا الحيوان تعليمات (تؤمنها على الأرجح هنا أيضاً انزيمات متخصصة) تنظم تكاثر الأشنيات في جوفه تبعاً لحاجته .

لم نعد الآن بحاجة إلى القول ان حيوان البورزاريا الذي يحتوي العدد «المحدد مسبقاً» من أشنيات كلوريلا سيجتاز أزمات فقدان الغذاء بدون أية مصاعب . إذ أن المهارة في تنفيذ عملية التركيب الضوئي الموجودة لدى «أسراه» تؤمن تركيب المواد الأساسية اللازمة لحياته . هناك ملاحظة أخيرة مهمة وهي أن حيوان البورزاريا عندما يصادف أشنيات كلوريلا ، بعد ان يكون قد امتلك منها العدد المطلوب ، يقوم بابتلاعها أيضاً ولكنه يهضم فوراً هذه الكمية الجديدة دون أي تردد . يجب أن يكون إذن قد علّم «ضيوفه الدائمين» كيميائياً بعلامة ما بحيث يستطيع التمييز بينها وبين الفرائس العادية المماثلة .

اكتشف البيولوجيون بهذا المثال نموذجاً يبين لنا اليوم بوضوح كيف حصلت خطوة التطور التي أدت إلى الانتقال من الخلية البدئية البدائية العديمة النواة إلى الخلية الأعلى المحتوية على العضيات . إن الفرق الحاسم بين هذا الطريق من متابعة التطور والطريق الذي بحث عنه العلماء عبثاً زمناً طويلاً هو : ان الخلايا العالية التنظيم ليست ، كما كان يعتقد ، الخلف المباشر المتطور للخلايا البدائية العديمة النواة وإنما هي محصلة الاتحاد التعاوني بين خلايا بدائية مختلفة لكل منها كفاءات وقدرات اختصاصية مختلفة .

أصبح من السهل أن ندرك الآن ، بصورة لاحقة ، ان قطع هذا الطريق أبسط وأسهل من محاولة اكتساب الوظائف والقدرات المختلفة واحدة تلو الأخرى من قبل نفس النوع من الخلايا عبر تتابع الأجيال . إن هذه الطريقة التي استخدمتها الطبيعة تذكرنا قليلاً بالطريقة المتقدمة المتبعة في بناء المساكن بواسطة القطع المسبقة الصنع . تقوم الخلايا التي تكمل وظائفُها بعضَها البعض بالإتحاد مع بعضها ثم تبدأ العمل على أساس تعاوني مشترك . بهذه الطريقة أصبح بإمكان الخلية البدائية أن تحصل على قدرات معينة دفعة واحدة بأن تضم إلى نفسها أخواتها من الخلايا المتخصصة كقطع جاهزة مسبقاً («مسبقة الصنع») دون أن تضطر إلى أن تأخذ على عاتقها عملية التدريب الطويلة والشاقة (وغير المضمونة) على

جميع هذه الوظائف (أو أن تتخلى عنها) . سوف نرى لا حقاً أن تاريخ النشوء الذي وصفناه لا ينطبق على الجسيمات الخضر وحسب وإنما أيضاً على العضيات الخلوية الأخرى .

هناك اكتشاف آخر يجعل الفرضية القائلة بأن التطور قد جرى على هذا الشكل شبه مؤكدة . لقد وجد العلماء في السنين الأخيرة لدى الجسيمات الخضر للخلايا العليا (وأيضاً لدى الجسيمات الكوندرية) حمضاً نووياً من نوع د ن س يختلف عن الحمض النووي د ن س الموجود لدى الخلية الأم ، أي الخلية التي تنتسب إليها العضية المعنية . يمثل هذا الاكتشاف ، حسب رأي معظم العلماء ، البرهان القاطع على أن ، على الأقل ، هاتين العضيتين كانتا في الأصل خلايا مستقلة حرة ، لأنها فقط في حالة كونها هكذا في الأصل ، وليس مجرد قطع بناء أي أجزاء من كل ، يمكن فهم السبب الذي يجعلها يحملان مخطط بناء خاصاً بها منحرفاً عن الخلية الأم التي تحتويها .

من المناسب أن نشير عند هذه النقطة إلى ان الادعاء بأن عضيات الخلية تعيش تحت نير «العبودية» يمثل عرضاً للقضية بطريقة مأساوية مبالغاً فيها . تبين لنا بصورة غير مباشرة التجارب التي أجريت على حيوان البورزاريا كم هي أحادية الجانب هذه الطريقة في التقييم . يعتبر هذا الحيوان الوحيد الخلية حالة نموذجية محبوبة من البيولوجيين لأن كلاً من العنصرين اللذين يتكون منها ـ أي جسمه ذاته ثم الجسيمات الخضر المقيمة في جوفه ـ يستطيع العيش لوحده مستقلاً عن الآخر . هذا وحده يكفي للبرهان على أن هذه الجسيمات الخضر هي في الأصل أشنيات مستقلة . لقد اضطر العلماء إلى البحث طويلاً عن هذا البرهان لأن امكانية مثل هذا الانفصال تمثل حالة شاذة .

في جميع الحالات المدروسة الأخرى ـ ولقد كرر العلماء محاولاتهم منذ أيام ميرشكوفسكي مراراً ومراراً ـ كانت دائماً بعد الفصل لا تموت الخلية الأم وحسب وانما ايضاً العضية المعزولة خلال وقت قصير . لقد سبق وذكرنا أن العلماء لا يستطيعون المحافظة ، لأغراض البحث ، على حياة الجسيمات الخضر والجسيمات الريبية والجسيمات الكوندرية في منظومة الخلية الحرة إلا لفترة عابرة .

لم تعد حقاً أية عضية من عضيات الخلية الحالية قادرة على العيش حياة مستقلة فعلاً ، أي أن تتغذى وتتكاثر بمقدراتها الذاتية . لكن هذا يتيح الاستنتاج أن العضية قد تعلمت بدورها منذ زمن طويل ان تستفيد من الوضع الجديد . لقد تخلت كالطفيلي عن عدد من الوظائف المهمة للحياة . لذلك هي فيما يتعلق بهذه الوظائف تتطفل على «مضيفها» . لا نستطيع اليوم أن نحدد بعد بالتفصيل الوظائف التي يتعلق بها الأمر هنا . لكن أن يكون الأمر كذلك فعلاً ، هذا ما ينتج بالضرورة عن حقيقة أن ما من عضية من العضيات تستطيع العيش مستقلة .

غير أن تعبير «التطفل» المستخدم هنا هو أيضاً أحادي ومنحاز ، بل هو تقييم جائر يظلم العضيات هذه المرة . إذ أن العضية تخدم مالكها أيضاً بنشاطاتها في مجال التركيب الضوئي . يطلق البيولوجيون على هذا الشكل من التعاون تسمية «الزيمبيوز» أي «العيش المشترك» . بناء على ذلك تكون الخلايا «المتطورة» ـ هذا هو الرأي الذي بدأ يعم اليوم على ضوء المعارف الجديدة المعروضة هنا ـ عبارة عن محصلة لاتحاد مصلحي دائم بين خلايا بدئية عديمة النواة مختلفة الاختصاصات .

لكي أبرهن أن ما قلته لا ينطبق على الجسيات الخضر وحدها يتوجب علي الآن أن أذكر باختصار ما يعتقد العلماء أنهم يعرفونه حول نشوء العضيات الخلوية الأخرى .

نستطيع لهذا الغرض أن ننطلق من الوضع التاريخي الملموس الذي نعتقد أنه كان قائماً في المحيطات الأولى في تلك الحقبة .

لقد قطعنا وصفنا للوضع القائم آنذاك عند اللحظة التي تم فيها تجاوز الأزمة الغذائية الشاملة الأولى نتيجة لظهور الخلايا الأولى المحتوية على جسيات خضر . وبيّنا ان تكاثرها السريع أتاح امكانات حياتية جديدة لنوع آخر من الخلايا هي تلك التي لم تكن تحتوي على جسيات خضر والتي تحولت في الوقت المناسب إلى التغذية بطريقة الافتراس .

لكن الغذاء الجديد الذي تأمن لها الآن جلب معه مشاكل جديدة أيضاً . لم يكن هذا الغذاء قابلاً للابتلاع في كل الأحوال ببساطة وبسلبية كما كان الأمر لدى الجزيئات الكبيرة اللاحيّة الناشئة لا عضوياً والتي كانت تشكل حتى الآن المتوفر من الغذاء . كان يوجد بالتأكيد كثير من وحيدات الخلايا النباتية التي تستطيع التحرك والانتقال بسرعة : الأشنيات بشعيراتها الدقيقة والبكتيريات الهدبية والبكتيريات الحلزونية وغيرها ، جميعها تندفع نحو الأمام بتحريك جسمها دورانياً أو التوائياً أو ما شابه .

مرة أخرى تغير المحيط ـ من المهم الانتباه إلى هذه الظاهرة ! ـ وقد طرأ تغيره الحاسم هذه المرة على خصائص الغذاء الضروري للحياة . لقد اصبح هذا الغذاء متحركاً . ولكي يتمكن الصياد من القبض على فريسته المتحركة يجب ان يكون هو نفسه متحركاً . بذلك كان تغير المحيط يعني تحدياً جديداً لا يرحم وهو إما أن يطور الصياد صفة جديدة ، أي أن يكتسب مهارة لم يكن يعرفها من قبل ، أو أن ينقرض .

ماذا تستفيد أكبر خلية من تفوقها إذا كانت فريستها تستطيع الابتعاد عنها ببساطة لا حيلة لها بها ؟ مرة أخرى في هذه المرحلة مات عدد لا يحصى من الخلايا لأن مؤهلاتها لم تعد تتناسب مع هذه الخصائص الجديدة للغذاء الجديد ، أي لأنها لم تتمكن من «التكيف» مع تغيرات الوسط المحيط . لكن في هذه المرة أيضاً وجد عدد ـ على الأرجح عدد متواضع جداً ـ من الخلايا التي تمكنت من التحول في الوقت المناسب . لقد أمنت لنفسها أداة مكنتها من التحرك بسرعة وبالتالي من مطاردة فريستها الهاربة بنجاح : إنها الهدبيات الحركية .

هذه العضية أيضاً لم تحصل عليها الخلية ، التي تملكها اليوم ، شيئاً فشيئاً عبر التطور البطيء والعسير وإنما أخذتها كـ«وحدة جاهزة» وفقاً لمبدأ التعاون المتبادل . كان الشريك الذي قدم الخدمة اللازمة للجماعة في هذه الحالة هو الـ«سبيروشيت» . هكذا يسمي البيولوجيون هذه البكتيريا الدقيقة العديمة النواة التي تشبه مفتاح زجاجات النبيذ وتتحرك بطريقة دائرية متلوية . («سبيرا» تعني في اللغة اللاتينية «حلزون» و«شيت» تعني «الشعر الطويل» لذلك سنسمي هذا الكائن «الحلزية الشعرية» ـ المترجم) .

في هذه الحالة أيضاً استفاد كلا الفريقين من عملية التعاون : الخلية الجائعة التي علقت على سطحها الخارجي حلزية شعرية لأول مرة وجدت نفسها فجأة تتحرك بسرعة كافية لمنحها فرصاً أكبر في

معركة البحث عن الغذاء . أما الحلزية الصغيرة فقد اصبحت الآن تتغذى على قطع كبيرة من الخلايا التي كانت قبلئذ لا تحلم في الحصول عليها ، لا تستطيع ابتلاعها . لقد وجد العلماء لهذه الحالة أيضاً من اكتساب الجهاز الحركي أشكالاً انتقالية لدى وحيدات خلية لم تزل تعيش حتى اليوم . تؤيد صحة هذه الطريقة في النشوء التطابقات المكتشفة بالمجاهر الالكترونية بين بنية الاهداب الحركية (العضية التابعة للخلية الحالية) وبنية الحلزية الشعرية التي لم تزل تعيش حتى اليوم ككائن مستقل .

سنقدم مثالاً آخر على مبدأ الاتحاد التعاوني على مستوى الخلية . يتعلق هذا المثال بالجسيمات الكوندرية وقد يكون من بعض النواحي (في كل الأحوال من وجهة نظرنا كبشر) أهم مثال على الاطلاق . لنتذكر : الجسيمات الكوندرية هي العضيات التي تسمى أيضاً «محطات الطاقة الخلوية» لأن عمليات التنفس التي تولد الطاقة تحصل فيها . غير أن التنفس يعني «الاحتراق» أو بتعبير أدق كيميائياً : تفكيك جزيئات أكبر (قبل كل شيء جزيئات سكر العنب) إلى مكونات اصغر (ماء وغاز فحم) للحصول على طاقة الربط التي تصبح حرة ؛ كل هذا يحصل بمساعدة الأوكسجين .

ولكن ماذا تفعل الآن الجسيمات الكوندرية ـ التي تستطيع تحرير الطاقة باستخدام الأوكسجين ـ في الغلاف الجوي البدئي الذي لم يكن يحتوي ، كما سبق وأوضحنا تفصيلاً ، على الأوكسجين الحر على الاطلاق ؟ بل نقول في الغلاف الجوي الذي لم يكن يجوز أن يحتوي على الأوكسجين الحر بتاتاً لأن قدرته على الأكسدة كانت ستحول دون نشوء الجزيئات الكبيرة والمركبات البيولوجية المتضاعفة التي دفعت التطور إلى النقطة التي وصلنا اليها الآن ؟

عندما نضع أمامنا هذا السؤال يخطر ببالنا ان الجسيمات الكوندرية بدورها هي الجواب على تغير شروط المحيط ، أي انها رد تكيفي على التحدي الجديد الذي واجه الحياة الناشئة لتوها . كانت أزمة توجَّبَ ايجاد الرد الصحيح عليها لأن البديل الوحيد كان الموت المؤكد . كل ما نستطيع قوله اليوم حول نشوء الجسيمات الكوندرية يؤيد صحة هذا الاعتقاد . تبدو لنا الأمور اليوم هكذا وكأن الجسميات الكوندرية مثلت الرد على خطر قاتل هدد جميع الحياة الأرضية كانت سببه عضيات أخرى تحدثنا عنها لتونا هي الجسيمات الخضر .

يتوجب علينا عند هذه النقطة لغرض الايضاح أن نتفرع قليلاً في الموضوع مرة أخرى . علينا على الأقل ان نعالج باختصار السؤال حول المصدر الذي كانت الخلايا الموجودة تحت الغلاف الجوي البدئي الخالي من الأوكسجين ، تستمد منه الطاقة اللازمة لحياتها . الجواب على هذا السؤال سهل نسبياً لأنه لم يزل يوجد حتى اليوم أحفاد لتلك الخلايا الآنيروبية التي كانت تعيش بدون أوكسجين (آنيروب : كلمة يونانية لاتينية مركبة معناها «حياة بدون هواء») . نستطيع إذن دراسة تمثلها العضوي بكل جزيئاته على الواقع . النتيجة : تحصل الآنيروبات على الطاقة التي تحتاجها ليس عن طريق التنفس وإنما (بغض النظر عن بعض الاستثناءات القليلة) عن طريق عملية تفكك تسمى «التخمير» .

الجزيئة النموذجية التي تحتوي على طاقة ربط كبيرة نسبياً وفي نفس الوقت تتفكك بسهولة هي جزيئة سكر العنب أو الغلوكوز . لذلك فإن سكر العنب هو واحد من أهم المواد الغذائية وأكثرها

انتشاراً . حتى الكائنات الحية الحالية التي تتنفس الأوكسجين تقطع المرحلة الأولى من تفكيك سكر العنب بطريقة آنيروبية (لا هوائية) ثم تنتقل بعد ذلك إلى الحرق بواسطة الأوكسجين .

تقدم جميع الخلايا الحية بتفكيك الغلوكوز (وجميع الجزيئات الأخرى المستخدمة للتغذية) على «أقساط» ، أي على مراحل جزئية كثيرة متتالية . تبدو هذه الطريقة للوهلة الأولى مطوَّلة ومعقدة بلا لزوم . لكن علينا أن نعلم ان تفكيك جزيئة غلوكوز دفعة واحدة إلى مكوناتها النهائية ، الماء وغاز الفحم ، سيحرر كمية من الطاقة الحرارية لن تستطيع تحملها أية خلية حية . لذلك تقوم الخلايا بعملها ببطء وهدوء . تقوم كل خلية من الخلايا التي تتكون منها بتفكيك «مادة الطاقة» الغلوكوز خلال ما لايقل عن ٢٤ خطوة جزئية متتالية . تتم كل خطوة منها بواسطة انزيم خاص بها بالطريقة التي تعرفنا عليها سابقاً . توفر هذه الطريقة للخلية امكانية السيطرة على سرعة الهدم وبالتالي على تحرير الطاقة الكيميائية التي تحتويها الجزيئة المهدمة لكي تحول دون ان يؤدي تفكك الغلوكوز إلى نوع من «الانفجارات السلسلية» .

تتم الخطوات العشر الأولى ، حتى لدى خلايا المتعضيات التي تتنفس الأوكسجين ، آنيروبياً أي بدون استخدام الأوكسجين . بذلك يتم تفكيك الغلوكوز إلى ناتج وسيط يسمى حمض العنب المحروق (يشبه حمض الخل) . بدون مساعدة الأوكسجين تتوقف عملية التفكك عند هذه النقطة حيث ان متابعة الهدم وبالتالي تحرير الطاقة الكيميائية المتبقية في حمض العنب لا يمكن أن تحصل إلا بوجود الأوكسجين . تتطابق هذه المرحلة الجزئية الأولى اللا هوائية من التنفس مع العملية التي تسمى في الكيمياء العضوية «التخمير» .

هذه ظاهرة على درجة كبيرة من الأهمية . يكمل هذه الظاهرة الاكتشاف ان القسط الأول من تفكك سكر العنب لا يتم في الجسيمات الكوندرية وانما في مناطق الهيولى الخلوية («القديمة») الخالية من العضيات . وأخيراً فإن هذا التفكك الجزئي الحاصل وفقاً لمبدأ التخمر بمعزل عن الهواء يتطابق مع عملية التمثل العضوي التي تستمد منها غالبية الكائنات الآنيروبية التي لم تزل تعيش حتى اليوم الطاقة التي تحتاجها . إن هذا هو كل ما تستطيع فعله . إنها تستطيع الوصول فقط إلى حمض العنب المحروق (أو إلى مواد مقاربة) . لاتستطيع استغلال مادة سكر العنب إلى أبعد من ذلك ، لأن هذا غير ممكن بدون الأوكسجين .

تبرر كل هذه الاكتشافات الاستنتاج أن عملية التمثل العضوي المسماة «تخمير» هي الشكل الأقدم والأولي لتفكك الغلوكوز . بمساعدته تغذت الخلايا البدئية الأولى التي تكيفت مع الغلاف الجوي الخالي من الأوكسجين،أما أن يكون استغلال الغذاء غير كامل بسبب عملية التفكك الناقصة (غير المكتملة) فلم يكن يلعب أي دور طالما توفر هذا الغذاء بكميات كافية وطالما كانت وظائف الخلايا لا تستهلك كثيراً من الطاقة .

غير ان الظروف تغيرت مرة أخرى . «إن العالم الذي هو متناه ومتغير باستمرار لا يمكن أن يحتوي ما هو لامتناه وأبدي» (ص ٣٤) . إذا كان لا يوجد توازن في المجال الكوني الذي يخضع لتأثيرات قوى

فيزيائية «فقط» فكيف نستطيع افتراض وجوده على سطح الأرض ضمن الشروط التي اصبحت الآن معقدة لدرجة كبيرة تفوق التصور ؟

لقد حصل الاختلال هذه المرة بسبب نشاط الجسيمات الخضر . لقد سبق وأوضحت كيف انقذ ظهورها خلايا الحقبة البدئية من الموت المؤكد بسبب فقدان الغذاء وذكرت أنها لم تزل حتى اليوم تؤدي هذه الوظيفة اللا بديل لها التي تؤمن الامدادات الغذائية بلا انقطاع . لكن عملية التركيب الضوئي لا تنتج طاقة وحسب وانما في نفس الوقت أيضاً ، كأية عملية تمثل عضوي أخرى ، نواتج هدم أي «نفايات» .

لم تنشأ عن ذلك في البداية أية مشكلة . لم تخلف المراحل الأولى من توليد الطاقة الكيميائية الضوئية ، التي كانت لم تزل بدائية وبالتالي أقل فعالية من عملية التركيب الضوئي المتطورة في الاحقاب اللاحقة ، نفايات يمكن ان تغير المحيط تغيراً هاماً . لكن خلال عدة مئات من ملايين السنين التالية ظهرت شيئاً فشيئاً طرازات جديدة من الجسيمات الخضر تعمل بفعالية أكبر . أما الخطوة المتقدمة الأخيرة ، التي تحققت أخيراً بعد مرور زمن طويل جداً بالتأكيد من التطور ، كانت تكمن في أن الجسيمات الخضر احتاجت إلى الهيدروجين الضروري لعملية التركيب الضوئي فانتجته هي نفسها بتفكيك جزيئة الماء إلى عناصرها الأساسية : الهيدروجين والأوكسجين .

يبدو أن هذا الشكل الحديث للتركيب الضوئي المتحقق بهذه الطريقة قد أدى إلى امكانية استغلال هذا النوع من توليد الطاقة بصورة مثلى بحيث لم يطرأ عليه ، حسب معارفنا الحالية ، منذئذ أي تحسين ، أو أي تحسين جوهري على أي حال . يؤيد نجاعة هذه الطريقة في الحصول على الطاقة النجاح الذي نستطيع قراءته على راسب قديم جداً وفرته للخلايا هذه الخطوة الأخيرة . أدى اختراع التركيب الضوئي بشكله النهائي إلى تكاثر هائل للأشنيات الخضراء ـ الزرقاء لم تزل تؤيد كبر كميته حتى اليوم ضخامة الرواسب الناتجة عن بقايا هذه الأشنيات . غير ان العملية الخاصة التي أدت إلى هذا النجاح خلفت كناتج جانبي (كنفاية غير مرغوبة) الأوكسجين . لقد قامت ، كما قلنا ، الأشنيات الخضراء ـ الزرقاء والجسيمات الخضر المتشكلة منها بتفكيك الماء إلى مكوناته الأساسية ، الهيدروجين والأوكسجين . أما الهيدروجين فقد احتاجته لعملية التركيب الضوئي . لكن الأوكسجين بقي فائضاً . لم يكن له بالنسبة للجسيمات الخضر أي استعمال .

بذلك كان ظهور الجسيمات الخضر الناضجة يعني بداية النهاية بالنسبة للغلاف الجوي البدئي . إذا كانت ، كنتيجة لنجاحها ، قد تكاثرت بكميات هائلة وانتجت الاوكسجين الحر فإن هذا الغاز ، الذي لم يكن معروفاً حتى ذاك الوقت ، بدأ يتجمع في الغلاف الجوي . ومنذ هذه اللحظة بدأت كمية الاوكسجين في الغلاف الجوي الأرضي تتزايد باستمرار وبدون توقف .

كانت النتيجة تهديداً خطيراً شاملاً لجميع اشكال الحياة التي كانت قد نشأت على الأرض حتى الآن . لم تكنَ توجد متعضية واحدة كانت قد هيأت نفسها لظهور هذا الأوكسجين الذي لم يكن حتى ذاك الوقت موجوداً إلا بكميات جد ضئيلة . كانت المشكلة تزداد خطورة لأن الاوكسجين راح خلال فترة جد

قصيرة بسبب نشاطه الكيميائي الكبير يهاجم جميع المواد العضوية بلا استثناء . كان هذا ينطبق ايضاً بداهة على جميع المتعضيات التي لم تكن قادرة ، بواسطة انزيمات تحييد مثلاً ، على حماية نفسها ضد قوة الأكسدة لهذا الغاز الجديد الذي اصبح يشكل جزءاً من الغلاف الجوي الأرضي .

عندما ظهر الأوكسجين لأول مرة على الأرض كان ، بكلمات أخرى ، غازاً خطيراً هدد حياة جميع أنواع الكائنات الحية الأرضية .

** ** **



١٣ـ التكيف بالصدفة ؟

بعد أزمات غذائية متكررة كانت الكارثة الكبرى تقف الآن على الأبواب . مهما كانت معلوماتنا عن هذه الحقبة المغرقة في القدم ناقصة فإن جميع العلماء يتفقون اليوم على أن جميع أشكال الحياة ، التي كانت قد تشكلت آنذاك، يجب أن تكون قد راحت ضحية هذه الكارثة الشاملة التي عمت العالم الأرضي بكامله. لقد ماتت متسممه بالاوكسجين . عدد قليل منها فقط تمكن من تجاوز المحنة وأنقذ بذلك الخبرات الثمينة ، التي كانت الحياة قد راكمتها حتى ذاك الوقت ، عابراً بها الطريق إلى الحقبة التالية . لقد كان الوضع وكأن روحاً شريرة قد غمرت كوكبنا بغمامات لا أطراف لها من الغاز القاتل .

لكن السبب لم يأت ، هذه المرة ايضاً ، من الخارج . لقد سببتها ، كما كان الامر لدى جيع الأزمات السابقة ، الحياة نفسها . إن الأرض ليست «مسرحاً» ، أي ان المحيط ليس مجزد ساحة تدور فيها معرك الحياة . بل إن ظهور الحياة غيَّر الأرض تغييراً أساسياً . وهذا التغيير أثر بدوره على الحياة وساهم في صياغة خط التطور الذي سلكته .

لقد بدأ الحوار بين الحياة والمحيط الأرضي الذي نشأت فيه بأن كان المحيط ، كما نتذكر ، هو الذي أنتج الحياة . أي أن المحيط الذي يبدو في نظر مغلب الناس سلبياً كان في الواقع الشريك الايجابي الفعال الذي وضع أصلاً عملية الحوار على طريق التحرك . كان أيضاً للغلاف الجوي الخالي من الاوكسجين ، بواسطة الأشعة فوق البنفسجية وأنواع أخرى من الطاقة ، تأثير على المحيطات الأولى ، التي كانت مياهها في البداية معقمة، أدى شيئاً فشيئاً إلى تشكل الجزيئات المعقدة ثم الأعقد وأخيراً إلى تشكل المركبات البيولوجية المتضاعفة . لكن تركيز هذه المركبات في المحيطات بدأ يتراجع بلا توقف فور ما تشكلت منها الخلايا الحية الأولى لأنها أصبحت الآن تشكل غذاء لهذه الخلايا ولذلك كانت الكميات المستهلكة منها أكبر من الكميات المتشكلة من جديد .

كانت نتيجة هذا التأثير الذي مارسته الحياة على المحيط فور ظهورها هي الأزمة الغذائية الأولى التي ذكرناها . تم تجاوز هذه الأزمة بأن أدت تأثيرات المحيط المفتقر إلى الغذاء بدورها إلى ظهور طراز جديد من الخلايا وإلى تكاثرها السريع . كان هذا الطراز هو «آكلات الضوء» ، أي الخلايا المحتوية على البورفيرين ، التي تمكنت من العيش حتى في المحيط المفتقر إلى المواد الغذائية العضوية بأن ركبت هي نفسها بمساعدة ضوء الشمس الروابط العضوية اللازمة . في هذا الوسط الغني بهذا النوع من الخلايا توفرت بعدئذ أيضاً فرص البقاء لبعض الأنواع الأخرى من الخلايا التي كانت تعتمد في غذائها حتى ذاك الوقت على المواد العضوية . كان عليها فقط ان تتحول في غذائها إلى الخلايا الحية الأخرى .

هكذا بدا وكأن التوازن قد تحقق في النهاية على أحسن ما يرام . لكن المظهر كان خادعاً . إذ أن الخلايا التي كانت تقوم بعملية التركيب الضوئي والتي أنقذت الموقف في الأزمة الأولى هيأت مرة أخرى بسبب نشاطها الجديد التغير الخطير الثاني للمحيط : لقد غيرت الغلاف الجوي الذي كان يبدو حتى هذه اللحظة من التطور مستقراً لدرجة مُطَمْئِنة . لأول مرة منذ نشوء الأرض بدأ الأوكسجين يتجمع شيئاً فشيئاً في غلافها الجوي .

تكفي كلمات مختصرة لوصف الطريقة التي تم بواسطتها تجاوز الخطر هذه المرة . كان رد الحياة على هذا الخطر الجديد ، الذي بدا بلا أي مخرج ، مشابهاً في خطوطه العريضة إلى حد كبير لما حصل في الحالات السابقة . ظهر مرة أخرى طراز جديد من الخلايا . كان هذا الطراز هذه المرة هو البكتيريات التي تمكنت بواسطة انزيمات لم تكن معروفة من حماية نفسها من الغاز الجوي الجديد ، الأوكسجين .

مرة أخرى لم تتوقف الأمور عند هذا الحد ، إذ أن الحياة ، كما حصل في المرات السابقة ، لم تكتف هذه المرة بدرء الخطر وحسب . يبدو أن تغير المحيط لا يجلب معه ، في كل مرة ، الخطر وحسب وإنما يمثل نوعاً من التحدي الذي يشحذ خيال التطور . مبكراً أو متأخراً سوف تكتشف البكتيريات الجديدة المنيعة تجاه خطر الأوكسجين ، والتي تكاثرت بسرعة على حساب الخلايا «الرجعية» الأقل حظاً ، الامكانية بأن تستغل النشاط الكيميائي الكبير للاوكسجين ، الذي كان درء خطره يمثل الهدف الملحّ الأول ، بما يخدم مصالحها .

مرة ثانية تمكن بالتأكيد عدد قليل فقط ، ربما بضع عشرات ، بل ربما واحدة فقط ، من بين البكتيريات الكثيرة برقم فضائي ، من كشف سر اللوحة الغامضة . كانت بكتريا واحدة تكفي . كانت قدرتها على استغلال الأوكسجين لسد حاجتها من الطاقة في عملية تمثلها العضوي يجب أن تحقق لها تفوقاً هائلاً على جميع منافساتها وأن توفر لخلفها ، الذي يرث ويورث هذه الموهبة ، فرص بقاء أكبر بكثير بدرجة لا تقبل المقارنة . غير أن هذا لم يكن يعني سوى أن هذا الطراز الجديد المتقدم من الخلايا ، كأول «متنفس للأوكسجين» في تاريخ الأرض ، قد تمكن خلال عدد قليل من مئات آلاف السنين من السيطرة على مسرح الاحداث بكامله .

إن تفوق هذه البكتيريا الأولى «المتنفسة» يقوم في نهاية المطاف فقط على قدرته على استغلال مصدر للطاقة كان يبدو حتى ذاك الوقت مستحيلاً . كان الاكتشاف الذي حققته الخلايا البورفيرنية يتعلق

بالاستفادة من الشمس كمصدر للطاقة . لذلك يعتبر الاكتشاف الذي حققته البكتيريا الأولى المتنفسة بالمقارنة متواضعاً . تكمن أهمية هذا الاكتشاف في «المعرفة» بأن حمض العنب ، الناتج النهائي أو النفايات التي تخلفها الخلايا التي تعيش على عملية التخمير ، لم يزل يحتوي على كمية غير مستغلة من الطاقة ستوضع حصراً تحت تصرف من يتعلم التعامل مع الأوكسجين .

إن «التنفس» لا يعني أي شيء آخر سوى متابعة ، بمساعدة الأوكسجين ، تفكيك هذه النفاية وغيرها من النفايات الأخرى الناتجة عن التفكك بواسطة التخمير ، ولكن هذه المرة بصورة نهائية وبدون أية بقايا أي حتى الوصول إلى المكونات الأولية اللاخير فيها ، الماء وغاز الفحم . إن من يستطيع التنفس تصبح هذه الطريقة في توليد الطاقة المتفوقة كثيراً على طريقة التخمير (لأنها تكمل عملية الهدم التي لم ينجزها التخمير) في متناول يده . هل سيكون هناك ما يبعث على العجب إذا ما أصبحت متنفِّسات الأوكسجين من الآن وصاعداً في الطليعة ؟ إن من يعرف هذه العلاقات سيكون بديهياً بالنسبة له أن (بغض النظر عن الحالات الشاذة النادرة ، أي عن عدد ضئيل من أنواع البكتيريات الأنيروبية التي لم تزل موجودة حتى اليوم) جميع الحيوانات الموجودة اليوم ، سواء أكانت وحيد خلية متبدلاً أو فيلاً أو برغشة أو إنساناً ، «تتنفس» .

الشيء الوحيد الذي قد يدعو هنا إلى العجب هو كيف كان ممكناً أن نجحت جميع اشكال الحياة في اكتساب القدرة على توليد هذا الشكل الكيميائي المعقد للطاقة بواسطة تنفس الأوكسجين . لكن الجواب هو بالطبع مرة أخرى مشابه للاجوبة السابقة وهو أنه يكفي اكتشاف التنفس مراراً قليلة فقط ، بل لربما مرة واحدة وحيدة . عندئذ كانت الخلية التي نجحت في ذلك ستعطي هذه الموهبة لخلفها عن طريق الانقسام المتتالي وهذا الخلف سينقلها إلى الخلايا الأكبر عن طريق العيش المشترك ـ أي الاتحاد التعاوني المصلحي ، الذي سبق وشرحناه .

في هذه الحالة أيضاً استفاد المضيف . لقد حصل على حصة من الطاقة التي تحررها البكتيريا المتنفسة . غير أن البكتيريا استفادت أيضاً قبل كل شيء من الحماية التي وفرتها لها الخلية المضيفة الأكبر . هذا هو ، حسب جميع معارفنا الحالية ، تاريخ نشوء «الجسيمات الكوندرية» ، تلك العضيات التي لم تزل عملية التنفس داخل الخلية تحصل فيها حتى يومنا هذا .

تمثل الجسيمات الكوندرية محطات الطاقة في الخلية لأن تفكيك جزيئات الغذاء إلى حدودها القصوى بمساعدة الأوكسجين لم يزل يحصل حتى اليوم حصراً فيها . أما جسد الخلية ، الهيولي ، فلم يزل حتى اليوم في الخليةالحاليةيقوم بتخمير الغذاء فقط ، أي بتفكيكه بصورة غير كاملة إلى النواتج الوسيطة التي ذكرناها . لن يقدم لنا كل ما نتنفسه من الهواء أدنى فائدة لو لم يكن يوجد في كل خلية منفردة من الخلايا اللا حصر لها ، التي تتكون منها ، مئات الجسيمات الكوندرية الصغيرة التي هي الوحيدة القادرة على فعل شيء ما بالأوكسجين الذي نستنشقه .

كل هذا قابل للفهم ومقبول عقلياً ولو مهما كانت الثغرات في معارفنا الجزئية كبيرة . إن مبدأ نشوء خلية «أعلى» ، مع عضياتها المتخصصة على أعمال محددة تماماً ، عن طريق اتحاد خلايا عديمة النوى مختلفة

الاختصاصات يتبع ، شأنه شأن جميع خطوات التطور الأخرى ، التي حلت كل منها محل الأخرى منذ الانفجار الكوني الأول ، القوانين الطبيعية المعروفة .

لم نقدم حتى الآن تفسيراً مباشراً لكون حموض د ن س ، حاملات مخطط بناء الخلية ، قد تركزت خلال هذه المرحلة من التطور في عضية خاصة بها وعزلت نفسها في داخل الهيولى الخلوية : هذه العضية هي نواة الخلية . لقد سارا كلاهما في الواقع يداً بيد . بما ان هذا يصح بلا استثناء وبما ان نواة الخلية هي جزء بارز الظهور ، يمكن التعرف عليه بسهولة بواسطة أي مجهر وبدون أية ملونات أو أية معالجات خاصة أخرى ، يستخدمها البيولوجيون كعلامة للتمييز بين كلا النوعين من الخلايا . يتحدثون عن الخلايا «العديمة النواة» عندما يريدون أن يعبروا عن الخلايا البدائية التي لا تحتوي على عضيات ويطلقون على الخلايا الأعلى المحتوية على العضيات باختصار تسمية «الخلايا المحتوية على نواة» أو «الخلايا النووية» .

غير ان هذا السؤال الذي لم يلق جواباً بعد يطرح مسألة أخرى تعرضنا إلى «تفسيرها» مراراً في الصفحات السابقة دون أن نتطرق إلى المشكلة الكامنة فيها . لقد اكتفينا عند إعادة تصميم تاريخ النشوء ، الذي أدى إلى ظهور الخلايا المتنفسة الأولى (وكذلك العضيات الأخرى ذات الوظائف المتخصصة) ، اكتفينا ببساطة بالصياغة العامة القائلة ، انه يكفي ان يتمكن عدد قليل ، أو ربما خلية واحدة من بين الخلايا الكثيرة اللا حصر لها ، من اكتساب المهارة الجديدة في الوقت الذي تصبح الحاجة اليها فجأة على درجة كبيرة من الالحاح .

إن هذا القول صحيح من ناحية أن كل ما يحصل بعد ذلك ليس سوى نتيجة لتكاثر هذه الخلية الوحيدة التي حققت لها مهارتها الجديدة تفوقاً كبيراً . لكن النقطة المحيرة هي طبعاً السؤال حول الكيفية التي توصلت فيها هذه الخلية الواحدة إلى هذه المهارة المدهشة المتكيفة مع المحيط بصورة هادفة .

هذه هي مرة أخرى مشكلة من نفس النوع الذي يجب التمسك به ، لسبب أو لآخر ، جميع اولئك الذين يصرون على أن التاريخ ، الذي أحاول هنا سرد خطوطه العريضة ، هو بمعنى معين ليس «من هذا العالم» ، دون أن يقيموا أي اعتبار للحقيقة التي لا ينكرونها وهي أن هذا التاريخ قد حصل فعلاً على سطح الأرض التي نعيش عليها . إذ حتى لو قبلنا أن الأمر قد حصل فعلاً مرة واحدة وحيدة (وهذه المرة تكفي حقاً) يبقى واجباً علينا ان نفسر كيف تمكنت تلك الخلية الواحدة من «التنفس» فجأة تماماً في اللحظة التي أصبح فيها اكتساب هذه الامكانية (الخاصية) ضرورياً وملحاً لمتابعة تطور الحياة . حتى لو كان الذي اكتسب هذه الخاصية هو خلية واحدة وحيدة فإننا نقف أمام مشكلة أساسية ذات أهمية حاسمة بالنسبة لجميع التطور البيولوجي : كيف استطاعت هذه الخلية الواحدة التكيف مع خاصية من خواص المحيط ، الذي لم تكن «تعرف» عنه أي شيء عندما نشأت من انقسام خلية أم ؟

ما من خلية على الاطلاق لديها الامكانية لأن «تتعلم» ، بالمعنى الحقيقي للكلمة ، وظيفة بيولوجية جديدة . ليس ممكناً على الاطلاق ان تكتسب خلية وظيفة ، مثل التنفس أو التركيب الضوئي ، لم تكن تعرفها عند «ولادتها» (نشوئها) بل تعلمتها خلال حياتها . إن وظائف كِلْتَيْهِما اللتين ذكرناهما تتطلب تجهيزات جسمية معينةهي في حالة مثالنا عن التنفس انزيمات محددة ، أي انزيمات جديدة تحرض

العمليات البيوكيميائية ، التي تقوم عليها عملية التنفس أو التي ، بكلمات أخرى ، تمكن الخلية من التعامل الهادف مع الأوكسجين .

إن مثل هذه الانزيمات إما ان تكون موجودة أو لا موجودة . إنها جزء من مخطط البناء الموروث وهي تكون مخزنة (أو لا مخزنة) هناك ، في نواة الخلية ، بمساعدة حموض د ن س . ما من أحد يستطيع «تعلمها» . هذا يعني استنتاجاً أنه ، لكي تكون افكارنا المعروضة حتى الآن صحيحة ، يجب ان تكون قبل حوالي ٣ مليارات سنة قد وجدت على الأقل خلية واحدة امتلكت بالصدفة المحضة جميع الانزيمات اللازمة للتعامل مع الأوكسجين ، امتلكتها مسبقاً منذ لحظة نشوئها وبالضبط في اللحظة التي ظهر فيها هذا الأوكسجين في الغلاف الجوي الأرضي .

إنها الصدفة مرة أخرى . الصدفة التي لعبت مراراً وتكراراً على مدار التاريخ أدواراً هامة في أقنعة مختلفة . وهنا تواجهنا هذه الصدفة في هيئتها العارية الاستفزازية التي لا ترحم . لم تعد المسألة تتعلق هنا بمجرد مقدار احتمال حصول الحدث قبل حصوله . لقد تعلمنا في مناسبات سابقة ان الاحتمال لا معنى له في الحالة التي يكون فيها مجال الحركة (مجال الخيارات) لمتابعة التطور كبيراً جداً ، أو لا محدوداً.

يمكن ان يكون الاحتمال لتناثر شظايا قرميدة ، سقطت من السطح على الرصيف ، تناثراً معيناً ضئيلاً كما يشاء . لكن سقوط القرميد وحركة التاريخ لن يوضعا في موضع الشك بواسطة مثل هذه الحسابات الاحتمالية السفسطائية . لن يوضعا موضع الشك ، لأن الحال سيّان تماماً ان سقطت على الرصيف بهذه الطريقة أو تلك أو توزعت شظاياها بهذا الشكل أو ذاك ، لأن الاحتمال الضئيل المتطرف للحالة الخاصة الموضوعة في الاعتبار يقابله عدد كبير جداً ، يقترب من اللا محدود ، من الامكانات الأخرى لتحقق السقوط . لذلك فإن القرميدة ستسقط بطريقة ما بالتأكيد . إن مثل هذا المنطق لم يستطع ان يمنع نشوء الانزيمات والجسيمات البروتينية الأخرى التي لم تعر انتباها للحقيقة التي لا جدال فيها وهي أن الاحتمال لحصول التشفيرات الخاصة ولاصطفاف الحموض الآمينية بالشكل التي هي عليه ضئيل برقم فلكي . لكنها نشأت رغم ذلك لأنه كان يوجد ، عندما نشأت ، امكانات كثيرة لا محدودة تقريباً لترميز الأجسام البروتينية المختلفة بواسطة حموض د ن س .

هنا ، في النقطة التي وصلنا اليها الآن ، اصبحت الأمور لأول مرة مختلفة . لم تعد هنا امكانات استمرار التطور لا محدودة ، لأن التطور ذاته قد وضع نفسه ، خلال الفترة الممتدة مليارات السنين ، شيئاً فشيئاً ، ودائماً أكثر وأكثر ، في اتجاه ملموس معين جعل المجال الحر للمتابعة يضيق يوماً بعد يوم . عندما وصل تاريخ الحياة المبكر إلى النقطة ، التي راحت عندها كمية الاوكسجين في الغلاف الجوي الأرضي تتزايد بلا توقف ، لم تعد امكانات المتابعة في أي حال كبيرة بدرجة لا محدودة .

كان العكس تماماً هو الصحيح . لقد طغى الآن على المحيط الذي كانت تعتمد عليه الحياة عنصر وحيد محدد تماماً ، هو الأوكسجين ، بما له من خواص متميزة شرسة . بقدر ما كانت خواص هذا الغازي الجديد متميزة ، توجب على من يريد التكيف مع التغير الطارىء الحاسم لشروط الحياة ان يطور قدراته تطوراً نوعياً مناسباً . غير أنه لا يوجد طرق كيميائية كثيرة للسيطرة على هذا العنصر العدواني ،

الاوكسجين . قد لا يوجد ضمن الشروط البيولوجية - لا نستطيع ان نعرف بالتحديد المؤكد - سوى الطريق الوحيدة التي نعرفها ، لأنها هي التي تحققت آنذاك على الأرض .

لقد اصبح ، دفعة واحدة ، احتمال حصول الحدث ، الذي توقف عليه كل شيء الآن ، قبل حصوله ضئيلاً بمقدار ما نراه عليه اليوم بعد مراعاة الامكانات الأخرى . بتعبير أبسط : لقد كاد التطور أن ينقطع آنذاك لو لم تظهر في هذه اللحظة من تاريخ الأرض على الأقل خلية واحدة تمتلك «بالصدفة المحضة» ومنذ لحظة نشوئها بالضبط وبالتحديد الانزيمات النوعية الجديدة ، التي كانت تحتاجها كي تستطيع «التنفس» . ولكي نكون أكثر وضوحاً : يجب ان تكون هذه الخلية قد امتلكت المجموعة اللازمة من الانزيمات منذ لحظة نشوئها أي قبل ان تحتك مع اوكسجين الغلاف الجوي .

هل هناك امكانية على الاطلاق لمثل هذا التطابق الحاصل «بالصدفة المحضة» ؟ هذا هو السؤال الأساسي لجميع التطور البيولوجي . حسب الإجابة عليه تفترق الطرق . تعتبر الإجابة بـ «نعم» على هذا السؤال نوعاً من الاعتراف الإيماني لعالِم الطبيعة المعاصر . إذا أردنا التعبير بطريقة عدوانية نستطيع أن نقول أيضاً : لم يبق أمامه أي خيار سوى أن يقول نعم ، لأنه هو الذي حدد هدفه منذ البدء بأن يفسر ظواهر الطبيعة بطريقة عقلانية استناداً إلى قوانين الطبيعة دون أن يلجأ إلى أية مساعدة من تدخل فوق - طبيعي .

هنا عند هذه النقطة حشر نفسه في محاولته هذه ، كما يبدو للوهلة الأولى ، بصورة نهائية في الزاوية . بماذا عليه أن يعتقد الآن ، بعد ان حاصرته الشروط التي صاغها هو نفسه ، إن لم يطلب النجدة من الصدفة ؟ وإلا كيف نستطيع ان نفسر علمياً - طبيعياً أن تكون ، بغرض متابعة التطور ، قد وجدت الآن دفعة واحدة خلية تستطيع «التنفس» ؟ تماماً وبالضبط في اللحظة التي أصبح فيها هذا التفاعل الكيميائي المعقد ليس مفيداً وحسب وإنما لا غنى عنه إطلاقاً لمتابعة الحياة الأرضية ؟

من المعلوم أن البيولوجي الذي يحاجج استناداً إلى قوانين العلوم الطبيعية يستعين في هذا الموقف الحرج بفرضية مزدوجة . إنه ينطلق من أنها تحصل دائماً في الخلايا عند انقسامها «طفرات» ، أي تغيرات طفيفة تطرأ بالصدفة على مخطط البناء المتوارث المخزن في نواة الخلية . وهو مضطر لأن يفترض فوق ذلك أن عدد الخلايا التي تحصل فيها مثل هذه الطفرات كبير بما يكفي لأن يتيح الامكانية لأن توجد بالصدفة المحضة ، بين هذه الطفرات الصدفوية ، أيضاً تلك الطفرة التي يحتاجها التطور ، أي متابعة استمرار الحياة ، في نفس اللحظة المطلوبة .

إن مثل هذا التتابع من الصدف الهادفة يضع مصداقيتنا على محك تجربة قاسية . يتوجب علينا إذن ان نعتقد أنه لدى انقسام الخلية وبالتالي الانقسام المترافق للحموض النووية د ن س (لأن كلا الخليتين الجديدتين يحتاج إلى نسخة من مخطط البناء والوظائف) تحصل بنسبة منخفضة من الحالات بعض «الأخطاء» الطفيفة : بحيث نجد فجأة بعد الانقسام في احدى الخلايا البنات شيفرة ثلاثية أسسية في موقع خاطيء بأن تكون قد تبادلت مع شيفرة أخرى أو سقطت «سهواً» أو أية حالة أخرى ممكنة .

حتى هنا لا توجد مشاكل . لا بل أن العكس سيكون أكثر مبعثاً على العجب وسيكون مناقضاً

لجميع التوقعات لو نجحت عملية الانقسام النووي المعقدة ، وبالتالي تضاعف الحموض النووية د ن س ، في جميع الحالات بلا استثناء بدون أي خطأ . غير ان ما يجب علينا أن نعتقد به هو اكثر من ذلك بكثير . إن ما يجب علينا الاعتقاد به ، إذا أردنا الوصول بسلام إلى ضفة الأمان بدون «توجيه» فوق ـ طبيعي لإتجاه السفينة ، هو التالي : دون أي اعتبار لما سيجلبه المستقبل يجب ان يوجد بين مخططات البناء المحوَّرة كنتيجة لأخطاء حصلت بالصدفة ليس فقط نيتات ، أي مخططات غير مناسبة (مما لا شك فيه أن هذه الحالة تمثل العدد الأكبر من الطفرات الحاصلة) ، وإنما أيضاً مخططات «مناسبة» بالصدفة المحضة (وإلا كيف !) ، أي مخططات تؤدي إلى حل مشكلة شروط المحيط الجديدة التي لم تؤخذ بعين الاعتبار حتى الآن .

هل سيخف ربما عبء المشكلة بواسطة الفترات الزمنية الهائلة التي حصلت فيها اللعبة ؟ سيكون مناسباً ومفيداً أن نحاول عند هذه النقطة باختصار ان نضع أمامنا السرعة التي حصلت فيها تلك الخطوات التي نتحدث عنها . لقد مر منذ الانفجار الكوني الأول حتى اليوم ، حسب الاعتقاد الذي توصلنا إليه في مطلع هذا الكتاب ، حوالى ١٣ مليار سنة . أكثر من نصف هذه المدة ، أي حوالى ٨ مليار سنة ، مضت حتى أدت تحركات الأجيال المختلفة من النجوم إلى تشكل العناصر التي يتكون منها عالمنا اليوم وحتى تشكلت أخيراً مجموعتنا الشمسية بما فيها الأرض .

قبل حوالي ٤,٥ مليار سنة كان تبرُّد القشرة الأرضية قد وصل الى درجة تمكنت معها المحيطات والغلاف الجوي الأول من النشوء وبدأت فيها بالتالي العمليات التي سميناها مرحلة التطور الكيميائي . قبل حوالي ٣,٥ مليار سنة نشأت على الأرجح الخلايا العديمة النواة الاولى . أما تطور الكائنات الحية الأعلى المتعددة الخلايا فقد بدأ بعد ذلك بحوالي ٣ مليار سنة ، أي أنه قد بدأ قبل حوالي ٦٠٠ الى ٧٠٠ مليون سنة من الوقت الحاضر .

جميع هذه الأرقام هي بالطبع أرقام عامة لكنها صحيحة على الأرجح بالخطوط العريضة على الأقل . نحصل من ذلك على استنتاج غير متوقع وهو أن تطور حياة وحيدات الخلية قد استمر فترة يزيد طولها أربع الى خمس مرات عن الفترة التي احتاجها التطور للوصول من متعددات الخلايا البدائية الاولى في المحيطات الكامبرية الى البرمائيات الى ثابتات الحرارة وحتى الانسان .

لقد حجزت الطبيعة لتطوير عملية انقسام النواة المعقدة ما لا يقل عن مليار سنة . وتنطبق على الأرجح أرقام مماثلة على الانتقال من الخلايا العديمة النواة الى الخلايا الأعلى المحتوية على نواة ، وعلى تطوير عملية التركيب الضوئي وعلى اكتساب القدرة على تنفس الاوكسجين . تبعاً لذلك ـ كنتيجة لظروف الحوار بين الحياة والمحيط التي كانت تعكس بعضها كصور المرآة ـ فإن الكوارث التي تحدثنا عنها في الصفحات السابقة كانت تجري بسرعة التصوير البطيء .

مليار سنة لإنجاز انقسام النواة . وزمن طويل مماثل لإنجاز عملية التركيب الضوئي بصورة جيدة وكاملة . ثم «فقط» ٦٠٠ الى ٧٠٠ مليون سنة لقطع الطريق الطويل من متعددات الخلايا اللافقارية الاولى الى الانسان . لا شك أن التضاد بارز الوضوح . سيشغلنا هذا التضاد مرة أخرى في الفصول

اللاحقة من هذا الكتاب لأن خلفه تختبىء الحقيقة ذات الأهمية الفائقة بالنسبة للفرضية التي طرحناها في هذا الكتاب . غير أن ما يهمني الآن هو فقط الإشارة الى أن التزايد البطيء لنسبة الاوكسجين في الهواء حتى وصولها الى تركيز ذي أهمية بيولوجية كان عملية احتاجت الى عدة مئات من ملايين السنين .

إن الوقت الذي كان موضوعاً تحت تصرف الحياة كي تتكيف مع تغيرات الوسط الجديدة كان إذن هائلاً . نستنتج من ذلك أن الفرص التي كانت متوفرة أمام عملية التطور لتركيب الخلية المتنفسة الاولى لم تقتصر على العدد الكبير برقم فلكي لخلايا حقبة وحيدة من حقبات حياة الأرض وإنما شملت جميع الخلايا التي انقسمت خلال فترة زمنية امتدت مئات ملايين السنين . لذلك فإن عدد الطفرات التي كان من الممكن أن تنتج عنها بالصدفة المحضة الحالة «الصحيحة» أي الحالة الضرورية حتماً لمواجهة الظروف القادمة ، يجب أن تكون تبعاً لذلك كبيرة ، كبيرة حقاً بدرجة لا نستطيع تجاهلها .

لكن هل تساعدنا هذه الرؤية على المتابعة ؟ إذا أردنا أن نكون صادقين تماماً يتوجب علينا الإجابة على هذا السؤال بالنفي . بالنسبة لمقدرتنا البشرية على التصور فإن السؤال ، حول ما إذا كان النظام أو حول ما إذا كانت الوظيفة البيولوجية المعقدة يمكن أن تحصل أو لا تحصل بالصدفة كنتيجة لطفرات غير موجهة تحصل اعتباطياً ، لا يعتبر مشكلة كمية وإنما مشكلة أساسية مبدأية . إن الإدعاء بأن هذا ممكناً يعتبر استفزازياً مهما كان طويلاً نظرياً الزمن اللازم لحصول هذا الحدث .

الوحيدون ، الذين كانوا يعتقدون أن مثل هذا يمكن أن يحصل ، كانوا الى ما قبل وقت قصير البيولوجيين ، الذين تخصصوا في قضايا التطور . لم يكن بامكانهم التهرب من هذا السؤال ولم يكن بامكانهم كبته أو إخفاءه لأنه كان يواجههم يومياً في عملهم . كانوا يؤمنون بالصدفة ، أي بنشوء مخططات بناء ووظائف بيولوجية جديدة أكثر تناسباً مع الهدف وأكثر كمالاً كنتيجة لطفرات صدفوية غير موجهة . كانوا يعتقدون بذلك دون أن يتمكنوا ، إذا ابتغينا القسوة في الحكم ، من البرهنة عليه . كان يوجد عدد من المؤشرات التي يستطيعون التعلق بها لكن البراهين لم تكن متوفرة لديهم .

كانوا يؤمنون بهذه الامكانية فقط لأنه لا يوجد امكانية اخرى - إذا أرادوا أن يبقوا على الطريق السوي للمحاججة العلمية . لذلك كاد الأمر أن يبدو وكأن اعتقادهم لا يستحق من التقدير أكثر مما يستحق اعتقاد نقادهم ، الذين يصرون بنفس العناد على أن نشوء النظام والتكيف الهادف لا يمكن أن يحصل أبداً بمجرد احتمالات الصدفة ليانصيب الطفرات .

لم تطرأ حتى يومنا هذا تغيرات كبيرة على الحجج المؤيدة والمعارضة التي تنتشر على الساحة وتجد كل منها من يتبناها نظرياً على ضوء السؤال الأساسي حول نشوء الحياة على الأرض . من الناحية النظرية يتيح كلا الموقفين لأنصاره امكانية عرض أفكارهم بنفس القدرة الاقناعية وبدون تناقضات منطقية . ضمن هذه الظروف كان حظاً كبيراً أن تمكن عالم البيولوجيا الامريكي الحائز على جائزة نوبل يوشوا ليدربيرغ من إجراء تجربة حسمت هذه المسألة الهامة حسماً نهائياً .

للحظة الاولى يبدو كنوع من السحر أن تكون الإجابة على السؤال ، حول ما إذا كانت الطفرات غير الموجهة يمكن أن تؤدي بالصدفة الى انجازات وتكيفات بيولوجية مفيدة ، ممكنة تجريبياً . إن التجربة ليست ممكنة وحسب بل وسهلة لدرجة أن كل مدرس بيولوجيا متمكن يستطيع أن يجريها أمام تلاميذه . كان مطلوباً فقط أن يوجد شخص ما يتوصل الى الخاطرة الصحيحة حول كيفية بحث هذه المشكلة . كان يوشوا ليدربيرغ هو الشخص المطلوب الذي توصل الى هذه الخاطرة قبل حوالي ٢٠ عاماً .



١٤. التطور في المخبر

إذا أراد أحد أن يدرس ظاهرة التطور تجريبياً يحتاج الى عدد كبير جداً من المتعضيات الحية والى فترة من الزمن تمتد عدة أجيال . يجب أن يكون عدد الأحياء الداخلة في التجربة كبيراً جداً لأن النسبة المئوية للطفرات ، أي عددالحالات التي يحصل فيها خطأ عند تضاعف حموض د ن س خلال عملية الانقسام الخلوي ، منخفضة جداً . لو كان الأمر غير ذلك لما تمكن أي نوع من البقاء كما هو عبر الأجيال . (من الناحية الأخرى ، لو لم تكن هذه الأخطاء موجودة بتاتاً لما حصل أي تغير في الأنواع وبالتالي لما كان التطور ممكناً) .

أما استمرار التجربة عبر عدة أجيال فهو ضروري لأن الطفرات لا تحصل إلا عند التكاثر (انقسام الخلية) ولأن المقارنة بين جيلين على الأقل تلزم لمعرفة ما إذا كانت الطفرات قد حصلت ولمعرفة ماهيتها في حال حصولها . علاوة على ذلك يتوجب بعدئذ ، على ضوء خط السير اللاحق ، اعطاء الحكم عما إ ذا كان يوجد بين هذه الطفرات بعض منها يستحق أن يحصل على التقييم «هادف» . أما التقييم «هادف» فيعطى للطفرات التي أدت الى نشوء وظائف جديدة أو متغيرة لدى المتعضية تؤدي الى أن هذه المتعضية أصبحت تتكيف مع المحيط بطريقة ما بصورة أفضل من رفيقاتها من نفس النوع التي لم تتعرض للطفرة .

نحتاج إذن الى عدد كبير جداً من المتعضيات الحية من نفس النوع والى فترة زمنية للمراقبة تمتد عدة أجيال ـ يبدو للوهلة الاولى وكأن عملية التطور لا يمكن حتى مراقبتها من قبل باحث واحد فكيف بدراستها تجريبياً . لكن الأمر ليس كذلك في الواقع لأن الشروط اللازمة للتجربة يمكن تحقيقها بسهولة . يجب أولاً اختيار كائنات حية صغيرة قدر الامكان كي يتمكن الباحث من مراقبة أعداد كبيرة منها في أضيق المكان . بالإضافة الى ذلك يجب اختيار كائنات حية قصيرة العمر .

تحقق البكتريات كلا الشرطين بصورة مثالية . إذ أن هذه الكائنات المجهرية صغيرة لدرجة انه يمكن وضع ملايين كثيرة منها على الأرضية المغذية لصفيحة زجاجية واحدة (يبلغ قطر الصفائح الزجاجية المستخدمة في البحوث البكتيرية حوالي ١٠ سم وهي دائرية الشكل تصب على أرضيتها مادة جيلاتينية تنمو فيها البكتيريا) . أما العمر الوسطى لمعظم أنواع البكتيريا فيبلغ حوالي ٢٠ دقيقة . أي كل ٢٠ دقيقة تنقسم كل خلية من ملايين الخلايا البكتيرية الموجودة على الصفيحة الزجاجية الى خليتين بنتين . بما أن جهاز التخزين الجيني (الوراثي) لدى جميع أشكال الحياة الأرضية ، أي لدى البكتيريا أيضاً ، يعمل على نفس المبدأ ، لذلك تعتبر هذه الكائنات المجهرية مادة مثالية للبحوث التي يجريها علماء الجينيتيك ، أي البيولوجيون المتخصصون في دراسة عمليات الوراثة .

هذه هي الأسباب التي تجعلنا نجد في جميع أنحاء العالم الكثير من المعاهد العلمية التي تشتغل حصراً في «الوراثة البكتيرية» . غير أن الطابع الاسبيرانتي الموحد للشيفرة الوراثية يقدم للعلماء العاملين في هذه المعاهد الضمان بأن الاكتشافات التي يتوصلون اليها في تجاربهم مع هذه الكائنات البسيطة نسبياً تنطبق أيضاً على جميع الكائنات الحية الأرضية الأخرى بما فيها الانسان . يوشوا ليدربيرغ أيضاً أجرى تجربته ، التي أصبحت واسعة الشهرة ، على البكتيريات والتي كان يبتغي منها دراسة القواعد الأساسية لآلية التطور . كانت الظاهرة الخاصة التي اتخذها ليدربيرغ في تجربته لـ «نموذج للتطور» هي ما يسمى «المقاومة» أو «المناعة» .

جميعنا نعرف أن الأطباء يحذرون بالحاح من تناول المضادات الحيوية (انتي بيوتيكا) لدى كل إصابة بالرشح أو بالتهاب بسيط في البلعوم أو ما شابه . يعود السبب في ذلك الى أن الشخص الذي يفعل هذا يعرض نفسه لخطر أن يربي في جسمه بكتيريات لا تتأثر بالمضادات الحيوية أو كما يقول الأطباء تصبح «قوية المقاومة» أو تكتسب «مناعة» تجاه المضادات الحيوية . إن هذا الكلام يعني عملياً أن من لا يتقيد بتحذيرات الطبيب يخاطر في أن يصاب يوماً ما بالتهاب في الرئة لا تجدي معالجته بالمضادات الحيوية لأن البكتيريات التي تسبب هذا الالتهاب تصبح بعدئذ عديمة التأثر بالبينسيلين أو التيراميسين أو ما شابه من المضادات الحيوية الأخرى .

كما أن قيام شركات صناعة الأدوية بتطوير وانتاج مضادات حيوية جديدة باستمرار هو أيضاً نتيجة لظاهرة المقاومة هذه . إن عدد فصائل البكتيريا التي لم تعد تتأثر بأي نوع من أنواع المضادات الحيوية المعروفة يتزايد باستمرار في جميع أنحاء الأرض . لهذا السبب يحتاج الأطباء ، إذا أرادوا في المستقبل النجاح في مكافحة الالتهابات التي تسببها هذه الفصائل البكتيرية المنيعة ، الى مضادات حيوية متجددة باستمرار أي مختلفة نوعياً عما قبلها . لذلك فإن مكافحة الالتهابات بالمضادات الحيوية من عائلة البينسيلين تعتبر في نظر البيولوجي معركة ثنائية بين التقنية الطبية للانسان ، الذي يريد القضاء على البكتيريات «بدوافع أنانية» ، وبين القدرة على التكيف لدى هذه الكائنات الدقيقة التي تريد ، شأنها شأن جميع المخلوقات الحية ، البقاء بأي ثمن .

كانت ظاهرة المناعة البكتيرية خيبة أمل مرة بالنسبة للأطباء ، لأنهم عندما استخدموا خلال الحرب

العالمية الثانية البينسيلين ، الذي كان عالم البكتيريات الانكليزي الكسندر فليمينغ قد اكتشفه في عام ١٩٢٨ ، كان النجاح مدهشاً لدرجة أن الأطباء اعتقدوا وكأن النصر النهائي على مسببات الأمراض المجهرية ، الذي كانوا قد حلموا به طويلاً ، قد أصبح في متناول اليد . إنهم لم يفكروا ، وهذا ما تتطلبه مهنتهم ، إلا بمصالح مرضاهم ولذلك غاب عنهم تماماً ، وهم معذورون في ذلك ، ما تعنيه «الإصابة بالمرض» ، عند النظر اليها من وجهة نظر بيولوجية وليس طبية .

بالنسبة للبكتيريا يعتبر الجسم الحي ، الذي تهاجمه وتتكاثر فيه ، الوسط الذي تكيفت معه والذي تحتاجه في وجودها . إنها لا «تريد» حقاً إلحاق أي ضرر به . عندما يموت مريض ما نتيجة لمرض جرثومي فإن هذا ، من وجهة النظر البيولوجية ، لن يكون كارثة بالنسبة للمريض وحده بل وأيضاً بالنسبة للجراثيم التي سببت هذا الموت لأنها هي أيضاً ستموت بموت الوسط الذي تعيش فيه .

غير أن الأعراض المرضية هي في نفس الوقت الإشارة الواضحة الى أن الحياة تؤثر بشكل ما على الوسط المحيط بها وتغيره . وهذا يصح أيضاً عندما يكون الوسط نفسه كائناً حياً أيضاً . لذلك فإن تدخل الطبيب العلاجي ، إذا نظرنا الى الأمور من هذا المنظور ، ليس هو في الأساس سوى محاولة لتعريض حياة «سكان» الجسم البشري الى الخطر أو الموت عن طريق التغير الفجائي لشروط الوسط الذي كانت قد تكيفت معه .

عندما يعطي الطبيب إبرة بينسيلين لمريض يعاني من التهاب الرئة فإنه يحاول بذلك أن يخلق في «عالم» البكتيريات ، التي يريد مكافحتها ، وضعاً يشبه تماماً الوضع الذي تعرضت له الخلايا الحية البدئية عندما ظهر الاوكسجين فجأة في الغلاف الجوي الأرضي وأصبح يشكل فيه جزءاً جديداً لم يكن محسوباً مسبقاً . لم تنقرض الحياة الأرضية آنذاك لأنها ـ هذه هي الفرضية التي يضعها البيولوجيون ـ قد وجـدت ، كنتيجة للصدفة السعيدة بواسطة طفرة متناسبة مع الشروط الجديدة ، خلية (أو بضع خلايا) كانت لديها «مناعة» تجاه الاوكسجين . إن الحقيقة ، بأن الفصائل البكتيرية المنيعة الاولى قد ظهرت بعد فترة قصيرة من استعمال البينسيلين ، تبرهن على أن التطور لم يزل يحصل حتى اليوم .

بهذه الطريقة برزت الامكانية الرائعة المتوفرة لدراسة عملية التطور وتحليل آليتها تفصيلاً . هل كان الأمر عند ظهور البكتيريات المنيعة يتعلق فعلاً بتغيرات تكيفية لمتعضيات حية بواسطة الطفرات ؟ هل حصلت هذه الطفرات فعلاً بالصدفة المحضة أم كان يوجد ربما تأثيرات محيطية «موجِّهة» من نوع ما عملت على أن تتكيف الطفرات مع تغيرات المحيط بصورة هادفة ؟ وهل كان ربما تأثير البينسيلين نفسه هو الذي أدى الى هذه الطفرات الهادفة الموجَّهة ضد هذا المضاد الحيوي وبالتالي الى الغاء الصدفة من العالم بكل ما فيها من الخروج على اللياقة ؟

يجب أن تكون الأجوبة على جميع هذه الأسئلة موجودة في ظاهرة المقاومة (المناعة) . لكن كيف كان بالامكان التوصل الى هذه الأجوبة ؟ لقد حل ليدربيرغ المشكلة بطريقة في منتهى البساطة . صب مادة غذائية سائلة على صفيحة زجاجية ، **كالتي** وصفناها أعلاه ، وتركها تتجمد متخذة شكل شريحة من الجيلاتين . قام بعد ذلك بتطعيمها بنوع واحد من البكتيريات ، مثلاً ستافيلوكوكن ، ثم وضعها في

حاضنة دافئة وتركها تتكاثر حتى ملأت الصفيحة ببقع صغيرة مرئية ، هي عبارة عن مستعمرات بكتيرية صغيرة . ضمن الشروط التي وصفناها تتسع صفيحة واحدة الى حوالي ١٠٠٠٠٠ مستعمرة من مثل هذه المستعمرات النقطية الشكل .

بعد هذه التحضيرات التقديمية بدأت التجربة الرئيسية . كان ليدربيرغ قد حضر قطعة خشبية دائرية الشكل على شكل خاتم (ختم) ، يطابق سطحها تماماً سطح الصفيحة الزجاجية التي تعيش عليها البكتيريات ، وغطاها بعناية بقماش من المخمل الناعم . قام الآن بضغط هذا الخاتم لفترة قصيرة على سطح الأرضية المغذية المليئة بالمستعمرات . عند النظر بعد ذلك الى هذا الخاتم بالعين المجردة لم يكن يشاهد أي شيء . لكن ليدربيرغ كان يعلم أنه يجب أن تكون نتيجة لهذه الملامسة القصيرة قد علقت في خيوط المخمل على الأقل بضع بكتيريات قليلة من كل مستعمرة من المستعمرات الكثيرة الصغيرة . لذلك ضغط خاتمه فوراً مرة أخرى على أرضية مغذية لصفيحة زجاجية ثانية مماثلة لم تكن تحتوي بكتيريات وإنما بينسيلين بتركيز ضعيف . قام بعد ذلك بوضع الصفيحة الثانية أيضاً في الحاضنة لكي يتيح الفرصة أمام البكتيريات المنتقلة اليها كي تتكاثر وتشكل ثانية مستعمرات صغيرة مرئية .

عندما أخرج هذا الباحث الامريكي في اليوم التالي الصفيحة من الحاضنة ودققها تبين له أنه لم يتشكل على أرضيتها المغذية سوى أربع مستعمرات صغيرة في أربع مواقع مختلفة . أما كامل السطح الباقي من الأرضية المغذية فقد بقي نظيفاً خالياً من البكتيريات . لم تتمكن إذن من أصل حوالي ١٠٠٠٠٠ مستعمرة بكتيرية على الصفيحة الاولى سوى أربع مستعمرات من تثبيت أقدامها على الأرضية المغذية المحتوية على البينسيلين . يجب أن تكون هذه المستعمرات الأربعة قد نشأت عن أربع بكتيريات لم تتأثر بالمضاد الحيوي . بينما كانت البكتيريات ، التي نقلت بواسطة الخاتم المخملي إلى الصفيحة الثانية والتي كانت تمثل (تنوب) ملايين كثيرة من البكتيريات الاخرى ، قد ماتت جميعها ، بدأت المستعمرات الأربعة المنيعة تتكاثر وتتكاثر على الأرضية المحتوية على البينسيلين حتى ملأت كامل «عالم» الصفيحة الثانية ، التي أصبحت لا تختلف في مظهرها بأي شيء عن الصفيحة الاولى . لكنها تختلف عنها فعلياً في أنها تحتوي الآن حصراً على بكتيريات تتحمل البينسيلين .

كيف تمكنت البكتيريات الأربعة المنيعة من اكتساب القدرة على العيش في الوسط المليء بالمضاد الحيوي ؟ كان ليدربيرغ قد حضر تجربته منذ البداية بشكل يتيح له متابعة البحث عن جواب لهذا السؤال الحاسم . إنه لم يقم عبثاً باستخدام الخاتم للقيام بعملية التطعيم . بهذه الطريقة من التطعيم انتقلت جميع مستعمرات الصفيحة الاولى بنفس توزعها المكاني الى الصفيحة الثانية . بكلمات اخرى : كان الآن بامكان ليدربيرغ أن يعرف بالضبط من أية مستعمرات ، من بين المائة ألف مستعمرة الموجودة على الصفيحة الاولى ، جاءت البكتيريات الأربعة المنيعة .

هذا التدقيق اللاحق للتوزع مكّن التجربة من الوصول الى نهايتها الحاسمة . قام ليدربيرغ الآن بتحضير عدد كبير من الصفائح الزجاجية المجهزة بأرضية مغذية محتوية على البينسيلين وبدأ على كل منها بزرع عينة واحدة مأخوذة من إحدى المستعمرات الصغيرة الكثيرة الموجودة على الصفيحة الأصلية الحالية

من السموم . جاءت النتيجة مطابقة تماماً لتوقعاته ولتوقعات جميع اولئك البيولوجيين الذين كانوا دائماً مقتنعين بالطابع الصدفوي للطفرات . رغم كل محاولات ليدربيرغ المتكررة لجعل بكتيريا ستافيلو كوكن المأخوذة من الصفيحة الاولى الأصلية تنمو على الأرضية المحتوية على البينسيلين فلم ينجح في تحقيق ذلك لدى أي عينة من العينات التي زرعها . لم تتشكل ولا في حالة واحدة على الأرضية السامة بالنسبة لبكتيريات ستافيلو كوكن المستعمرات الصغيرة التي عهدناها ـ مع أربع استثناءات هامة : كانت عملية الزرع تنجح دائماً ، وحصراً ، عندما يأخذ العينات من البقع الصغيرة الأربع ، التي كانت بكتيرياتها منيعة منذ البدء وتتحمل بالتالي الأرضية السامة .

لا يتيح تعليل هذه النتيجة سوى استنتاج واحد . يجب أن تكون قد وجدت قبل بدء التجربة في المواقع الأربع المعنية من الصفيحة الزجاجية الأصلية بكتيريات منيعة . أي بكتيريات كانت لديها مناعة ضد المضاد الحيوي بينسيلين قبل أن تلتقي معه لأول مرة . يجب أن تكون ، تبعاً لذلك ، قد اكتسبت هذه القدرة مسبقاً بواسطة طفرة «صائبة» حصلت بالصدفة . لقد برهنت التجربة على أن الاحتكاك بالدواء ليس هو السبب الذي أدى الى الطفرة المناسبة بأن أشارت الى أنه لم يكن ممكناً جعل ولا بكتيريا واحدة من بين الملايين الكثيرة من البكتيريات الاخرى ، التي لم تكن مطفرة قبل الزرع من النمو في الوسط البينسيليني السام .

تكمن الخاصية الأهم لهذه التجربة في أنها تنجح دائماً مهما كررت مع بكتيريات جديدة . دون أي اعتبار للمضاد الحيوي المستخدم كانت تتشكل على الأرض السامة في كل حالة مستعمرات تنطلق من بكتيريات منفردة قليلة تبين أنها قد تكيفت بالصدفة مع الوسط الجديد عن طريق طفرات سابقة حصلت قبل الاحتكاك مع هذا الوسط .

لا نستطيع استخلاص المدلولات الكاملة لهذه التجربة إلا بعد أن نعلم كم هي معقدة الانجازات التي تقوم عليها المناعة . إن البينسيلين والتيتراسكلين وغيرها من المضادات الحيوية الكثيرة الموجودة اليوم هي سموم شديدة الفعالية النوعية . تعني كلمة «نوعية» هنا أنها لا تهاجم سوى روابط كيميائية محددة تماماً أو أنها تغلق الطريق أمام خطوات كيميائية معينة للتمثل العضوي . لولا هذا التخصص النوعي في التأثير لما كان ممكناً استخدام أي مضاد حيوي كعلاج دوائي . لولاه لتضررت خلايا الجسم البشري أيضاً . تقوم صلاحيتها للاستخدام العلاجي على أنها تشل وظائف التمثل العضوي أو تفكك كيميائياً أجزاء من جدار الخلية التي (أي الأجزاء) لا توجد إلا في خلايا البكتيريا . نستنتج من ذلك أن الخلية البكتيرية لا تتمكن من حماية نفسها ضد التأثيرات الهدامة للمضادات الحيوية إلا بإجراء تعديلات معقدة على وظائف تمثلها العضوي . بعض منها يتمكن ـ بواسطة طفرات تحصل بالصدفة ! ـ من انتاج الانزيمات التي تفكك المضادات الحيوية التي تهددها . تنشأ هنا إذن بواسطة «يا نصيب الطفرات» أسلحة دفاعية كيميائية هادفة التأثير وشديدة التعقيد .



١٥ـ عقل بدون دماغ

حتى بعدما نتعرف على تجربة ليدر بيرغ ونستوعب نتائجها تبقى أمامنا صعوبات كبيرة في أن نتصور كيف يمكن أن تنشأ بالتفصيل مثل هذه القدرات . من ناحية أخرى تبرهن التجربة بوضوح أنه من الممكن نشوء النظام والتكيف الهادف واكتساب وظائف حياتية جديدة متفوقة بواسطة الطفرات غير الموجهة . إنها ليست المرة الأولى ، كما نتذكر ، التي نضطر فيها إلى الإقرار بأنه يوجد في هذا العالم وفي الطبيعة الأرضية التي نعرفها عدد كبير من الظواهر التي تقع خارج قدرتنا على التصور وعلى الفهم على الرغم من أن وجودها محقق لا لبس فيه . سواء تعلق الأمر بحدود الكون ، التي انطلقنا منها في هذا الكتاب ، أو بظاهرة نعيش معها يومياً وهي أن اتحاد غازين يؤدي إلى نشوء سائل اسمه «الماء» ، أو بدور الطفرات في تطور الكائنات الحية ، كنا دائماً نتوصل إلى الاقتناع بأن عدم القدرة على التصور أو الاستيعاب هما حجج رديئة عندما يتعلق الأمر بتفسير الكون . إن قدرتنا على التصور قد تشكلت ، خلال مسيرة تطور الإنسان عبر أحقاب جيولوجية طويلة بتأثير هذا التطور ذاته ، على سلوك غائي يسعى نحو الهدف بالحاح لدرجة أنه يجب البحث في نهاية المطاف عن أسباب عدم القدرة هذا في بنيتنا النفسية .

تخبرنا تجربة ليدر بيرغ بلا أي لبس عن حقيقة من حقائق الطبيعة يتوجب علينا قبولها سواء استوعبناها واقتنعنا بها أم لا . يوجد أيضاً منذ زمن طويل مشاهدات كلاسيكية تقدم أمثلة أبسط وأوضح تشير إلى أن نفس القواعد التي وجدناها لدى البكتيريات تنطبق أيضاً على تطور الأشكال الحياتية الأخرى بما فيها العليا منها .

المثال الذي أصبح ذا شهرة واسعة هو حكاية فراشة الحور في مناطق الصناعة الانكليزية . منذ قديم الزمان كان اللون الأساسي لجناحي هذه الفراشة أبيض فضياً عليه خطوط ناعمة يميل لونها إلى الرصاصي الأخضر . أي أن الأجنحة تبدو وكأنها قطعة صغيرة من قشرة شجرة الحور . إن هذه الفراشة

تحمي نفسها من اعدائها من العصافير بطريقة ، إننا مضطرون إلى القول «هادفة» ، بأن تعيش ، كما يشير اسمها على شجر الحور بحيث لا يمكن تمييزها عن القشور بسبب تماثل اللون . نستطيع أن نقول ، بكلمات أخرى ، أن فراشة الحور تموه نفسها بأن «تقلِّد» مظهر قشور الحور بدقة هائلة تجعل من الصعب على أعدائها اكتشافها .

لكن ما هو المعنى الذي يمكن أن تعنيه كلمة «تقلِّد» في هذا المجال ؟ من المؤكد أنه ليس لدى الفراشة أي تصور عن المظهر التي هي عليه . كما أن مستوى التطور لدماغها الصغير ينفي إمكانية أن يكون هذا الحيوان يعرف شيئاً عن سلوك العصافير في الصيد أو عن فوائد التمويه بواسطة الألوان . ولكن حتى لو حصلت هذه الفراشة جدلاً على هذه المعلومات ـ التي لا يمكنها الحصول عليها أبداً ـ فإنها لن تفيدها بأي شيء . إذ حتى لو عرفت كل ما يلزمها من معلومات فإنها لن نستطيع الاستفادة منها تطبيقياً بأن تغير مثلاً مظهرها الخارجي كما تشاء .

رغم ذلك اكتسب هذا النوع من الفراشات عبر مئات آلاف السنين مظهراً منسجماً مع الهدف إلى درجة لن تكون أكبر لو ملك الوعي وقام بعملية التمويه بطريقة واعية ومدروسة .

كيف أصبح هذا الأمر ممكناً ، يدعي الداروينيون ، أي البيولوجيون الذين يعيدون أسباب عملية التطور إلى اللعبة المتبدلة بين ما يقدمه المحيط من طفرات وما يفرضه من اصطفاء ، أن هذه العوامل هي التي أدت أيضاً في حالة الفراشة إلى نشوء التلوُّن المموه . لقد قدم لهم الظرف السعيد عبر هذه الحالة الفرصة لأن يقدموا البرهان المباشر على ما يدعونه .

خلال حياة الدارويني الأول (داروين نفسه) ، أي في النصف الثاني من القرن الماضي ، حصل تغير جذري في المحيط الذي تعيش فيه فراشة الحور قلب عملية تمويهها الهادف ، دفعة واحدة ، إلى النقيض تماماً . حصل هذا في بداية عصر التصنيع . بالنسبة لفراشة الحور كانت نتائج تدخل الانسان في المحيط الطبيعي مدمرة . اذ بدأت في المناطق الصناعية جميع أشجار الحور تتلون بلون أسود يزداد سواده كل يوم بسبب الكميات الكبيرة من هباب الفحم المتطاير من مداخن المعامل .

لا شك أننا نستطيع ان نتوقع نتائج هذا التغير بالنسبة لفراشتنا . لقد توقف فجأة الزمن الذي كانت تستفيد فيه من تلونها المموه : لا بل أن لون اجنحتها الفاتح ظهر مضيئاً على جذوع الأشجار المتسخة وأصبح يشكل هدفاً بارزاً للطيور الجائعة . لقد بدا آنذاك وكأن انقراض هذا النوع المنحوس من الفراشات قد أصبح مسألة وقت وحسب . إنها ضحية لتغير طرأ على المحيط لم تكن متكيفة معه بما فيه الكفاية ، الأمر الذي حصل لكثير من الأنواع الحياتية الأخرى خلال تاريخ التطور .

لكن في هذه الحالة سارت الأمور بشكل مختلف . بدأت هذه الفراشات ، التي أصبح اصطيادها سهلاً والتي راح عددها في البدء يتناقص يوماً بعد يوم ، تتلون ، ببطء وبصورة غير ملحوظة في البداية ، بلون غامق حتى اصبحت بعد وقت قصير يثير الدهشة ، خلال عقود قليلة من السنين ، تشبه تماماً جذوع الأشجار التي ما زالت تعيش عليها . لقد اصبحت الآن تميل إلى السواد وبذلك حمت نفسها أمام مطارديها

من جديد . لهذا السبب بدأ عددها يتزايد حتى عاد بعد فترة إلى ما كان عليه قبل حصول التغير . بذلك تحقق التوازن مرة ثانية .

لقد حصلت هنا أمام أعين الباحثين قطعة من التطور . إن هذا الرد الذكي ، وفي كل الأحوال الهادف ، الذي قامت به هذه الفراشات تجاه التغير الخطير الذي طرأ على محيطها ، تبين لدى تدقيقه على انه ، كما يدعي الداروينيون ، نتيجة لآليتي الطفرة والاصطفاء .

أكدت لاحقاً المجموعات التي يمتلكها هواة جمع الفراشات أنه كان يوجد في هذه المنطقة منذ القدم نسبة صغيرة من فراشات الحور بلون غامق . كان عددها يتأرجح زيادة ونقصاناً لكنه لم يتجاوز في أي من الأوقات واحد بالمائة من مجموع جميع الفراشات . أي أنه كان ، على أي حال ، يوجد بعض منها دائماً وباستمرار . إن «يا نصيب الطفرات» ، الذي كان ينتج كيفياً وبالصدفة شيئاً فشيئاً جميع الانواع الممكنة ، أدى أيضاً إلى نشوء هذا «النوع الداكن» من فراشات الحور كحالة خاصة استمرت عبر الأجيال بالتوارث . هنا في هذا المثال يظهر بوضوح الطابع الصدفوي اللا موجه للأشكال الناشئة بالطفرة التي عاشت آلاف السنين بما في ذلك خلال الأحقاب التي كان يبدو فيها أن شكلها الغامق لا فائدة له على الاطلاق لا الآن ولا في المستقبل .

لم تستطع تبعاً لذلك ، كما تبرهن ندرتها في مجموعات الهواة القديمة ، ان تتزايد أو تنتشر على نطاق واسع في أي وقت من الأوقات . لكن هذا الوضع تغير في اللحظة ، التي اختلت فيها علاقة التكيف المثالي بين فراشات الحور ومحيطها بسبب عامل طارىء خارجي هو تلوُّن جذوع أشجار الحور باللون الأسود بسبب الصناعة مما أدى إلى اختلال التوازن . في هذه اللحظة تعرضت الفراشات إلى الانقراض . كانت ستنقرض فعلاً لولا أن الطفرات كانت خلال الأزمان الماضية قد قدمت كثيراً من النماذج المختلفة التي جربت حظها جميعها وكان من بينها هذا النموذج الغامق الذي كان عديم الجدوى حتى الآن .

إن نوعاً ما من أنواع الكائنات الحية لا يتكيف مع الوسط بأن يكتسب خلال حياته خصائص تتناسب معه ، وإنما تعطي عمليات التطفر هذا النوع قبلياً تلك الخاصة التي تمنحه الفرصة لأن يتكيف مع محيطه . من المؤكد ان هذا لا يحصل دائماً وفي كل حالة منفردة في الوقت المناسب . عندئذ ينقرض النوع . أما فراشات الحور فقد كانت محظوظة اذ تمكن نوعها من التكيف . من البديهي أن ما من فراشة واحدة على الإطلاق غيرت لونها أو مظهرها . وكيف كان سيحصل هذا التغير ؟ إن ما حصل حقاً هو ما يسميه علماء التطور «الاصطفاء» ، أي تلك العملية الانتقائية التي تحصل بسبب المحيط بين النماذج المختلفة التي قدمها التطفر . بتعبير أوضح : لم تعد الطيور الآن تلتهم ذاك النموذج الأسود الذي كان في الماضي يبرز على الجذوع البيضاء حتى اصبح وجوده نادراً . لقد اصبحت الآن فجأة تلك الفراشات «العادية» الفاتحة هي المهددة ، أما الداكنة فقد اصبحت محمية .

بقية القصة ذكرتها سابقاً . لقد بدأت الفراشات الداكنة تتمتّع الآن فجأة بحماية التكيف الهادف وراحت تتكاثر نتيجة لذلك حتى اصبحت اليوم ، بعد مائة سنة ، تشكل النموذج السائد في منطقة الصناعة الانكليزية حيث أجريت هذه الدراسات . قد أكون في غنى عن القول انه لم يزل يوجد اليوم بين

العدد الكبير من الفراشات الداكنة بعض الأعداد النادرة من النماذج الفاتحة التي تبدو «لا جدوى لها» ولا تستطيع التكاثر لأنها ليست «متكيفة بصورة هادفة».

على هذه البساطة هي الوسائل التي تستخدمها الطبيعة لتجعل نوعاً من الأنواع «يتصرف» بطريقة تستحق فعلاً أن نعتبرها ذكية.

عند هذه النقطة سيمتنع على الأرجح معظم الناس عن استخدام صفة «ذكية». لماذا؟ يعود السبب بالطبع إلى اننا في لغتنا اليومية لا نتحدث عن «الذكاء» إلا عندما نريد أن نعبر عن تصرف انساني مخطط ومحسوب مسبقاً. لذلك وانطلاقاً من هذا الاعتياد اليومي لا يمكن بالنسبة لنا أن يوجد الذكاء والخيال إلا في حال وجود الدماغ المتطور بما فيه الكفاية للقيام بالأعمال التي نعنيها بهاتين الكلمتين. لكن مهما بدا هذا الحكم بديهياً يتوجب علينا أن ننظر إليه عند هذه النقطة نظرة فاحصة ناقدة.

ألم نكتشف مرة تلو المرة، منذ اللحظة التي قررنا فيها التحرر من النظرة اليومية المعتادة، أن العادة هي دليل رديء عندما نحاول تكوين صورة صحيحة عن العالم وعن موقعنا فيه؟ هل سنكون محقين إذا سحبنا اعترافنا بردٍّ أو بتصرف تجاه شروط المحيط المتغيرة، يبدو ان لنا هادفين وبالتالي ذكيين، في اللحظة التي يتبين لنا فيها انهما لم يصدرا عن دماغ؟ مهما كانت هذه الفكرة غير اعتيادية فإنني لم أعد أشك أن النظرة الموضوعية إلى تاريخ الطبيعة بدون أحكام مسبقة ترغمنا اليوم على الاعتراف انه يوجد عقل بدون دماغ.

أيضاً لدى الفراشة الهندية يعود الفضل في قدرتها المذهلة على التموه، الذي تجتاز بواسطته مرحلة التشرنق، إلى تضافر التأثير البسيط ظاهرياً لآليتي التطفر والاصطفاء. لقد وصفت في مدخل هذا الكتاب كم هي متقنة ومدهشة الخدع التي تضلل بواسطتها هذه الحشرة اعداءها. إن من يدقق سلسلة التصرفات التي تصبح في نهايتها اليرقة، التي لا حول لها ولا قوة المختبئة في ورقة يابسة بين عدد آخر من الورقات المماثلة، «مختفية» بالنسبة لاعدائها، يجد نفسه مضطراً إلى استخدام تعابير لا نطلقها عادة إلا على السلوك الذكي.

لا يوجد أي مهرب من الإقرار بأن الفراشة الهندية، بما تقوم به من تحضيرات معقدة هادفة لتحقيق التمويه الجيد، تتخذ مسبقاً احتياطات ضد الأخطار التي تقع في المستقبل. هي ذاتها لن تستفيد أي شيء من الجهود الكبيرة التي تبذلها. بل إن الاجراءات الوقائية التي تتخذها ستحمي اليرقة التي ستتحول إليها. أي أن ما تقوم به الفراشة ليس رداً على الوضع الملموس الذي تتواجد فيه وإنما على حاجة ستفرضها الظروف التي تقع في المستقبل. إنه بالمعنى الموضوعي لكلمة «رؤية مسبقة» لأمور مستقبلية.

ما من أحد يستطيع ان ينكر انه يوجد كثير من الامكانات للتموه ضد الرؤية وأن طريقة استخدام الهياكل الخلبية في التمويه هي طريقة على درجة عالية من التقدم. هنا لم يعد مجرد مفهوم «التناسب مع الهدف» يكفي لوصف وتفسير الظاهرة، إذ أن ما يحصل هنا هو أكثر مما هو ضروري. يتم هنا من بين جميع الامكانات المتوفرة للتمويه ـ التلون بلون مناسب، اختيار محيط مناسب، الاختباء البسيط، أو التغطية بمواد موجودة في المحيط والخ ... ـ إختيار إمكان محدد تُرفع درجة فعاليته بواسطة التكنيك المتبع

في تشكيل الهياكل الخلبية إلى درجة عالية من الكمال . هل لدينا أي خيار آخر سوى أن نعتبر مثل هذا التصرف ناتجاً عن «خيال خصب» «غني بالخواطر» .

من المؤكد أخيراً أن ما تقوم به هذه الفراشة يؤدي لدى نوع آخر من الكائنات الحية إلى تصرف محدد تماماً يحكم عليه من وجهة نظر الفراشة على أنه مرغوب أو هادف . يتوجب علينا ان نذكر هنا أن تصرف الفراشة لن يكون أفضل لو فهمت شيئاً عن علم نفس الطيور . إن تحضيرات الفخ النفسي المناسب لاتقاء شر الأعداء المحتملين عن طريق تحقيق خيبات أمل متتالية لديهم تستحق في كل الأحوال بدون شك التقدير «غنية بالخواطر» .

القدرة على الرؤية المسبقة ، الخيال الخصب ، والغنى بالخواطر ـ هل لنا الحق بحجب صفة الذكاء عن السلوك الذي يحقق هذه الشروط ؟ هل يتوجب علينا أن نمتنع هنا عن استخدام هذه الصفة لأننا لم نتمكن من اكتشاف دماغ يحتوي هذا الذكاء ؟ لم يعد لدي أي مجال للشك في أننا سنسقط مرة أخرى في وهم جنون التمركز العرقي البشري إذا ما توصلنا إلى هذا الاستنتاج .

كم هي مشوهة الطريقة التي نحكم فيها غالباً على وضعنا بدون أي تفكير . ألسنا نتصرف وكأن تلك المليارات من السنين من تاريخ الكون لم يكن لها سوى غرض واحد وحيد هو انجابنا نحن والحاضر الذي نعيشه ؟ وكأن تاريخ الأرض ، نشوء الحياة وتطورها خلال ما لا يقل عن ٣ مليارات سنة ، وكأن كامل هذه المسيرة الطويلة الهائلة قد وجدت خاتمتها وهدفها فينا نحن البشر . ألن نكون أكثر واقعية لو افترضنا أن التاريخ ، الذي نحاول عرضه بخطوطه العريضة على الأقل في هذا الكتاب ، لن يتوقف بالتحديد وبالضبط اليوم في العصر الذي نعيش فيه ؟ إنه سيتابع مسيرته في المستقبل باتجاه هدف لاندري عنه أي شيء الآن .

علينا أن نستخدم الذكاء ، الذي حصلنا عليه بدون أية جهود من جانبنا ، للخروج من المستنقع الذي وضعتنا فيه عاداتنا اليومية في الاختبار والتفكير . إن وجودنا الحاضر ليس سوى لقطة لحظية مأخوذة كيفياً من مسيرة حركة تاريخية للطبيعة تتجاوز جميع المقاييس البشرية والأرضية . . ما من أحد يستطيع ان يقول لنا لماذا نعيش اليوم بالضبط وليس قبل آلاف السنين أو بعد وقت طويل في المستقبل البعيد .

عندما نفكر بمئات الآلاف من السنين من عمر الانسان الباكر (الأول) ، الذي لم يكن قد امتلك الوعي بعد ، أي بالحالة النفسية للانسان الذي لا يبتعد تاريخياً عنا كثيراً ، يتوجب علينا الشكر والامتنان . يتوجب علينا الشكر لأننا تمكنّا ان نعيش ، على الأقل ، بداية بزوغ الحقبة الجديدة للوعي الانساني ، التي تتميز في أن الانسان قد اكتشف فيها لأول مرة ذاته كنتيجة لتطور طبيعي يمتد حتى الانفجار الكوني الأول الذي بدأ به وجود عالمنا .

إن أهمية هذه المعرفة هي أكبر مما يعتقد معظم الناس . يمكننا اعتبار هذه الخطوة الأخيرة من الوعي الانساني على انها اكتشاف للواقع الثالث .

المرحلة الأولى من الواقع هي عالم الاختبار الساذج غير المدرك . إنه المحيط الذي نكون فيه منهكين أو نشيطين ، جائعين أو شبعانين ؛ المحيط الذي يحفزنا أو يبث فينا الخوف . إنه العالم الذي ننظر فيه إلى

وجودنا كظاهرة بديهية ، العالم الذي ننسب فيه كل شيء إلى ذاتنا ، ننظر إلى جميع الأشياء من منظارنا ، أي العالم الذي يشكل فيه وهم التمركز لدينا مقدمة أساسية لبقائنا . إنه باختصار العالم الذي تعيش فيه جميع الحيوانات وحتى يومنا هذا الأطفال .

أما المرحلة الثانية التي تطور اليها الوعي البشري فقد كشفت عالماً موضوعياً بدأ من يمتلك هذا الوعي يستقل عنه بصورة واعية ، أي أصبح قادراً على توجيهه بعقله وبالوسائل التقنية التي اخترعها . في هذا العالم لا يوجد أحاسيس وأفعال انعكاسية وحسب ، بل يوجد فوق ذلك معرفة ومسؤولية ، يوجد آمال وتصورات مستقبلية . تشمل هذه المرحلة الثانية من الواقع كل ما فعلناه في هذا العالم ، من الشواهد الفنية والثقافية وحتى كل ما نطلق عليه اليوم تسميات المدنية والحضارة .

أمام خلفية هاتين المرحلتين من مراحل التطور تقوم الحقيقة التي توصلنا إليها مؤخراً حول سبب وجودنا ذاته . . (يجب ان نتذكر أن عمر هذه المعرفة لا يزيد عن مائة عام) . إن الاكتشاف بأننا ، في كل الأحوال هنا على الأرض ، المحصلة الأكثر تطوراً والأكثر تعقيداً الناتجة عن تاريخ متواصل طويل استمر ١٣ مليار سنة ؛ هذه المعرفة فتحت اعيننا على بعد جديد ثالث للواقع .

لقد توصلنا إلى المعرفة بأننا لم نوضع ، كما كنا نعتقد ، ببساطة في هذا العالم ليكون في خدمتنا كساحة للتصرف (للاختبار ، أو «لتحقيق الذات» ، أو لصنع «التاريخ» أو ما شابه من الأقوال التي نسمعها هنا وهناك) . إننا جزء من هذا العالم ، كنا ولم نزل ننتسب اليه ، نخضع لقوانينه وننطوي تحت لواء التطور الذي لا نعرف عنه سوى القليل وليس لنا أدنى تأثير عليه والذي سيتابع مسيرته غير مبال بنا . إن العالم وكذلك الأرض لم ينشآ لكي يحملاننا . إن عالمنا اليومي المعتاد ليس النهاية ولا الهدف وبالتالي أيضاً ليس التعليل للتاريخ الذي اكتشفناه قبل زمن قصير .

إننا ، بتعبير آخر ، بالنسبة لإنسان الغد لسنا سوى إنسان نياندرتال بالنسبة لنا ؛ إننا نياندارتاليو الغد . لقد نشأنا كي يتمكن المستقبل من النشوء . من هذا المنظار ليس بديهياً ان يكون لوجودنا ، كما هو عليه الآن في هذه اللحظة من تاريخ التطور ، أية غاية أو أي معنى على الاطلاق . عندما نتوصل لأول مرة إلى هذه الأفكار فاننا سنفكر حتماً بشيء من السوداوية في إمكانية أنه قد وجدت في تاريخنا الماضي أحقاب طويلة كان وعينا فيها قد تطور إلى درجة أصبح يعرف معها الخوف واليأس والموت لكنه لم يبلغ الدرجة التي تمكنه من إيجاد الأجوبة الضرورية التي تقدم له على الأقل بعض العزاء .

من يعلم كم من مخاوفنا الحالية ومن الكوابيس التي تلاحقنا موروث من هذه الحقبة الانتقالية التي مررنا بها بالضرورة . اننا اليوم في موقع أفضل ، لأننا ، بدون أن نعلم السبب ، نقف في موقع متأخر أكثر تطوراً من مواقع التاريخ الكثيرة الأخرى . غير أننا نكتشف في نفس الوقت الطابع العابر ، الطبيعة الانتقالية للمرحلة التي نعيش فيها ونكتشف بالتالي بداهة حالتنا ذاتها .

ليس لدينا بالطبع تصور عن الامكانات الجسدية وقبل كل شيء العقلية التي يمكن أن يتطور اليها جنسنا البشري . إن طبيعة الاشياء تقتضي بأن لا نستطيع أن نعرف شكل وقدرة الوعي المستقبلي الذي سيكون متفوقاً على وعينا أكثر من تفوق وعينا على وعي انسان نياندرتال . لكن ما اكتشفناه هو الحقيقة بأن

هذا الواقع الآخر الأعلى سيوجد في المستقبل فعلاً لأن مرحلة وعينا الحالي ليست سوى نقطة عبور لمرحلة أو لمراحل خلفها التطور ووراءه .

لا يمكن ان تبقى هذه الرؤية بدون تأثير على حكمنا على وضعنا وعلى ما نسميه الحاضر أي على عالمنا بمجمله . فور ما ندرك الطابع الانتقالي ، أي الطبيعة التاريخية لكل مايكوِّن عالمنا اليومي لا نستطيع ان نغفل عن أن مهمة جديدة قد وضعت على عاتقنا تتجاوز في أهميتها جميع الواجبات الاخلاقية والإنسانية والأهداف التي نشتقها من وضعنا التاريخي الحاضر . مهمة لا تتجاوز جميع هذه الواجبات والأهداف ، التي تصعب علينا المثابرة على متابعتها ، وإنما تحتويها .

إن مهمتنا هي أن نعمل على أن لا ينقطع هذا التطور في عصرنا بأفعال نتحمل وحدنا وزرها . إن واجبنا الأول ، الذي يتقدم على جميع الواجبات والأهداف الأخرى ، هو ان نتيح للمستقبل فرصة الحصول . صحيح ان تطور العالم يحصل ضمن مقاييس كونية وسوف لن يتوقف إذا ماخرجت منه البشرية في يوم من الأيام . لكن ما من أحد سوانا يمتلك أوراق القرار حول ما إذا كان صوتنا سيكون مسموعاً إذا ما تجاوز التطور في المستقبل المرحلة الحالية من الانعزال الكوكبي .

سنعود في نهاية هذا الكتاب مرة أخرى إلى ما يعنيه هذا الكلام بالتفصيل لأننا لم تزل تنقصنا بعض المقدمات الجوهرية لكي نتمكن من القيام بذلك . قبل ان نصبح قادرين على محاولة رسم المسار الذي يمكن أن يتخذه التطور في المستقبل يتوجب علينا استكمال كثير من التفاصيل حول الجزء الذي انقضى من التاريخ . لا نستطيع ان نكوِّن تصورات معللة أو تخمينات معقولة حول مستقبل تاريخ الطبيعة إلا حصراً بعد ان تتضح لنا القوانين والميول التي وجهت هذا التاريخ في العصور الماضية منه .

بقدر ما يبدو لنا الرأي ، بأن لعالمنا الحاضر قيمة بحد ذاته ، مشكوكاً فيه لحظة تدرك عصرنا كلقطة لحظية كيفية صدفوية من تطور شامل بمقاييس كونية ، بقدر ما هو على الأرجح خاطىء الرأي السائد حتى الآن كمقولة بديهية بأن الذكاء والخيال لم يدخلا هذا العالم إلا مع الإنسان . أي شعور بالعظمة ، يفوق حتى سذاجة تمركزنا الانتروبولوجي ، يكمن خلف البداهة الجاهلة ، التي نبني عليها تصورنا بأن الكون وتاريخ الطبيعة وتطور الحياة على الأرض قد ظلت ثلاثة عشر مليار سنة بدون عقل وبدون خيال خلاق وبدون ذكاء فقط لأننا نحن لم نكن موجودين ؟

من البديهي أن هذه الانجازات لم تكن موجودة قبل ظهور الإنسان ، أو لم تكن متمركزة في أدمغة فردية أو لم تكن تمثل قدرات منفردة لكائنات حية موهوبة واعية . (في كل الأحوال ليس على كوكبنا) .
لكننا يجب ان نقي أنفسنا من خطأ الانطلاق ببساطة من انها لا يمكن أن تتحقق إلا بهذا الشكل حصراً .
لم يزل ، عند هذه النقطة من تسلسل الأفكار الذي نطرحه ، مبكراً الحديث عن أن دماغنا ليس هو ، كما نفترض دائماً بدون مناقشة ، عضواً حقق هذه الانجازات الفيزيائية هكذا دفعة واحدة من العدم .

كلما تعمقنا في تاريخ الطبيعة اتضح لنا بجلاء أكبر أن عقلنا لم يهبط من السماء أيضاً . إن هذه المقولة تصح بالمعنى المزدوج للكلمة : إن عقلنا أيضاً هو من هذا العالم ونتيجة لتاريخه كما أحاول هنا أن أبرهن . غير أن هذا الجزء من التاريخ بصورة خاصة لم يزل اليوم ، وليس هناك ما يثير العجب ، مليئاً

بالثغرات . لكنه يوجد على أي حال بعض المؤشرات التي تؤيد الفكرة المعقولة بحد ذاتها من أن هذا العقل لم ينشأ في نقطة ما من التطور بين لحظة وأخرى وإنما هو ، شأنه شأن الوظائف الأخرى ، محصلة لتطور بطيء تحقق خطوة خطوة عبر أحقاب طويلة من الزمن .

إن دماغنا ليس هو ، على الأرجح العضو الذي نقصد : أي ليس هو العضو الذي تقوم وظائفه الأساسية على «إنتاج» وتحقيق انجازات «نفسية» كالذكاء والخيال والذاكرة . الشيء القليل الذي نعرفه اليوم عن التطور الذي أدى إلى نشوء أدمغتنا يدفع إلى الظن بأن الأدمغة (لدى الحيوانات أيضاً) هي أعضاء تجمِّع («توحد» ، «تشكل كلاً متكاملاً») الانجازات ، التي ذكرناها ، لدى الكائن الحي المنفرد واضعة إياها تحت تصرفه الفردي . هذه وجهة نظر ، مها بدت غير اعتيادية ، قد تفتح باباً جديداً داخل تاريخ الطبيعة أمام بحوث «علم النفس الروحي» ، أي نشوء البعد النفسي والوعي .

تتضمن نقطة الانطلاق هذه الادعاء بأن الانجازات والوظائف المذكورة ، التي اعتدنا على النظر إليها على انها «نفسية» ، يجب أن تكون قد وجدت أيضاً (ولم تزل موجودة) كوظيفة مستقلة خارج الدماغ الفردي . إذا كانت هذه النقطة صحيحة فإن هذا سيعني إذن ان الذكاء والخيال والقدرة على الاختيار المتفحص الواعي بين الامكانات المتوفرة وكذلك الذاكرة والخواطر الخلاقة هي أقدم من جميع الأدمغة . قد يناقض هذا تصوراتنا المعتادة بدرجة كبيرة . غير أننا كلما تعمقنا في دراسة ما نعرفه اليوم عن تاريخ الطبيعة كلما ازداد لدينا اليقين بأن الأمور تسير على هذا النحو .

يتوجب علينا، كما قلنا ، أن نؤجل تعليل هذا الادعاء إلى فصل لاحق . لكننا نستطيع هنا بمساعدة مثال أول أن ننوه كيف يمكننا ان نتصور الوجود المستقل ـ لا شك أن لهذا الكلام وقعاً غير اعتيادي لا بل يبدو غير معقول ـ لواحدة من الوظائف المذكورة وليكن مثلاً الوجود المستقل للخيال أو الذكاء خارج الدماغ وبالتالي خارج البعد السيكولوجي (النفسي) .

سيكون هذا الأمر عند هذه النقطة سهلاً وسريع الحدوث . عند النقطة التي غادرنا فيها الخيط الأحمر للتسلسل الزمني لأفكارنا (أي عند تجربة ليدر بيرغ وبعد دلك عند قصة تكيف فراشة الحور في مناطق الصناعة الانكليزية) لكي نكوِّن أفكاراً حول الصدفة التاريخية لِلَّحظة التي نعيش فيها وحول مبدأ الظهور الأول للمبادىء «العقلية» في الطبيعة ، كانت هذه الانجازات قد واجهتنا مراراً قبلئذ : الانجازات «الذكية» الناتجة عن التأثير المتضافر لآليتي التطفر والاصطفاء .

إن أحد الأسباب التي دعتنا إلى هذا التشعب في الموضوع (سنذكر سبباً آخر لاحقاً) هو أنه يعطينا الإمكانية للنظر مرة أخرى عن كثب إلى ما ذكرناه في هذا الصدد وإنما الآن من منظور جديد غير متوقع . أعتقد ان احتمال إساءة فهمي ، بعد هذا التشعب التوضيحي ، سيكون أقل إذا ما ادعيت أن مبدأ التطفر يندرج تحت المفهوم النفسي «خيال» وأن الاصطفاء يقوم بوظيفة «الاختيار المتمحص» .

إن التكيف الهادف لفراشات الحور مع تغيرات شروط حياتها والتموه الخادع الماهر الذي تقوم به الفراشة الهندية إتقاء لأخطار مستقبلية وكذلك قدرة بكتيريات ستافيلوكوكن على تحويل المضاد الحيوي الذي هو من صنع بشري إلى مادة غير ضارة بواسطة عملية دفاع كيميائي ؛ كل هذه الانجازات تولد

الانطباع بطريقة ملحة حول وجود القدرة على التعلم والسلوك الذكي . لقد أشرت في «المدخل» إلى أن بعض العلماء ، كونراد لورنتس مثلاً ، يتحدثون في مثل هذه الحالات عن رد فعل «شبه ذكي» .

إنني أدعي أن هذا التحفظ في التعبير («شبه ذكي» بدلاً من «ذكي») ما هو سوى تعبير عن حكم مسبق ، أي كنتيجة للاعتقاد بأن إنجازاً من هذا النوع لا يجوز إطلاق تسمية «ذكي» عليه إلا عندما يكون صادراً عن وعي فردي (شخصي) . عندما يتحرر المرء من هذا التحفظ يبقى الفرق الوحيد بين الحالتين هو أنه في الحالة الأولى (في حالة التعبير المعتاد) يكون الذي يتعلم هو الفرد (المستقل) أما في الحالة الثانية فهو كامل النوع أو عدد معين من «السكان» (بينما تبقى الأفراد ، سواء البكتيريات أو الفراشات ، في هذه الحالة غير قادرة على التعلم) .

إن هذا هو أكثر من مجرد جدل حول الكلمات . إذا ما ألغينا الحكم المسبق الدارج فإننا نفسح المجال أمام امكانية لم يفكر بها أحد حتى الآن وهي أن نتمكن من فهم نشوء القدرات النفسية في إطار نفس التطور الذي تخضع له بقية الطبيعة . إذا ما تخلينا عن تمسكنا بالرأي بأن رد الفعل الذكي لا تجوز تسميته ذكياً إلا عندما يكون رداً لفرد ، وليس عندما يكون رداً لنوع ، عندئذ تزول الصعوبات في تصور النشوء المستقبلي للانجازات المنفردة المختلفة التي تقوم الأدمغة الفردية بعدئذ بتجميعها ، في نقطة متأخرة جداً من خط التطور ، مشكِّلة بداية مرحلة التطور «النفسي» .

تبعاً لذلك تبرز الامكانية بأن نفهم الدماغ على أنه عضو تكمن انجازاته ، من وجهة النظر التطورية ، في أنه يوحِّد امكانات معينة من ردود الفعل ، نشأت مستقلة عن بعضها البعض واصبحت متوفرة بصورة جاهزة ، في جملة سلوكية فردية مستقلة كاملة . أود هنا أن أشير إلى أنه لا يبدو عديم المعنى أن مثل هذا الفعل يشبه الطريقة التي اكتسبت فيها ، قبل مليارات السنين من هذه الخطوة التطورية ، الخلايا البدئية ، التي كانت لم تزل عديمة النواة ، الوظائف الحاسمة بالنسبة لتطورها اللاحق بأن ضمت اليها خلايا متخصصة بصورة مناسبة كعضيات .

غير اني لا أريد ان استبق الاحداث مرة أخرى . أود فقط في ختام هذه التأملات أن أعرض فكرة تبرز دائماً أمام من ينشغل بدراسة هذه الامكانات . إننا نتعرض دائماً لخطر الانزلاق في البحث عن الأعجوبة او المعجزة في المكان الخاطيء . في عالم مليء ، بما لا يقبل الجدل ، بالأعاجيب نقف مذهولين غالباً أمام الموقع الخطأ .

يصح هذا القول هنا أيضاً . عندما نبدي اعجابنا بالطبيعة فإننا نفعل ذلك بقدر كبير من الفوقية . عندما نبدي إعجابنا بمدى تناسب مخطط بناء النبتة مع الهدف أو نندهش من عصفور يبني عشه فإن جزءاً من اعجابنا لم يزل حتى اليوم يصدر ، هذا ما أخشاه ، عن اندهاشنا من أن النبته التي لا مخ لها والعصفور غير الذكي يستطيعان أن يتصرفا بهذه الطريقة الهادفة . إننا نتفاجأ من أن الطبيعة «اللاواعية» قادرة على القيام بهذه الانجازات المعقدة التي تكمن وراء الكثير من الظواهر الطبيعية اليومية .

مما لا شك فيه أن تعجبنا هنا مشروع ومناسب . غير أنه يتوجب علينا التفكير بدوافعه بصورة فاحصة . إنني أرى انه يتوجب علينا تغيير طريقة تفكيرنا فيما يتعلق بموقعنا في الطبيعة . إنه تشويه سافر

للواقع الحقيقي اذا اعتقدنا كأفراد «أذكياء» أن انجازات الطبيعة مدهشة وغامضة لأنها تحصل بدون ذكاء واعٍ خاص بها . يبدو لي اننا نقف هنا أمام مهمة إجراء تحول في فهمنا لذاتنا قد تعادل أهميته أهمية الانعطاف الكوبيرنيكي . إذ لقد حان الوقت ، على ضوء مستوى معارفنا الحالية عن الطبيعة ، لأن نتوقف عن مقاومتنا للرأي بأن القدرات الخلاقة ، أي خيال الطبيعة وقدرتها على التعلم تفوق قدراتنا أنفسنا (التي هي ليست سوى صورة ضعيفة باهتة) بمقدار يفوق التصور .

** ** **

١٦ـ القفزة الى متعدد الخلايا

علينا أن نعود الآن لنمسك الخيط الأحمر للتسلسل الزمني للتطور عند النقطة التي تركناه فيها في بداية خروجنا الطويل عن الموضوع . لقد دفعنا الى الخروج عن سياق التسلسل السؤال حول الكيفية التي نستطيع أن نفسر بها القدرة المدهشة لدى الخلايا الحية على أن تتكيف مع التغيرات اللامتوقعة لمحيطها . كان تهديد الخلايا من قبل الاوكسجين (الذي كان بدوره نتيجة حتمية لعمل الخلايا التي تجاوزت الأزمة الغذائية عن طريق «التهام» ضوء الشمس) عند ظهوره لأول مرة في الغلاف الجوي الأرضي قد شكل المثال الملموس على ذلك .

لقد كانت الجسيمات الكوندرية ، بكتريات متخصصة ، التي ضمتها اليها الخلايا الأكبر كوحدات تعاونية ، هي التي أعطت هذه الخلايا القدرة على التعامل مع الغاز الجوي الجديد . لم تزل الجسيمات الكوندرية حتى يومنا هذا تقوم بهذه الوظيفة لدى جميع الكائنات الحية الأرضية التي تستطيع «التنفس» . لقد تمكنت الحياة بمساعدتها لا من أن تحمي نفسها وحسب من هذا الغاز السام في الأصل وإنما فوق ذلك من استخدام عدوانيته الكيميائية الخطيرة لصالحها .

علينا أن نضع دائماً هذه المقدمة التاريخية للوضع ، الذي لم يزل قائماً حتى اليوم ، أمام أعيننا عندما نفكر بالطابع الايجابي لهذا الجزء من الغلاف الجوي الذي أصبح ، من المنظور الحالي ، يمنحنا الحياة ولا غنى لنا عنه على الإطلاق . عندما ننظر الى الوضع تاريخياً بهذه الطريقة نأخذ فكرة بمساعدة مثال ملموس عن المقدار الذي نعتبر فيه نحن البشر أيضاً نتاجاً للتكيف مع المحيط ، الذي توجب على الحياة أن تتهيأ فيه . إن الحاجة الحتمية ، أو الضرورة الحياتية لا بل الرمز لما هو حي ، التي أصبحت للاوكسجين في نظرنا اليوم ، هي مقياس معبر للتطرف الذي فُرضت فيه عملية التكيف . لكن وأيضاً للكمال الذي تحققت فيه : إن غازاً مميتاً في الأصل ينعكس في وعي الكائنات الناتجة عن هذا التكيف كمفهوم لـ«تنفس الحياة» . إنه في الحقيقة أمر يفوق الخيال .

لقد ناقشنا في هذه المناسبة أيضاً مشكلة تفسير التكيف المعقد وتعرفنا على الآلية التي تؤدي اليه عن طريق التأثير المتضافر لعمليتي التطفر والاصطفاء . إن عروض الصدفة المنتشرة على نطاق واسع لعدد كبير من النماذج الناتجة وراثياً ، والتي ينتقي منها المحيط وتغيراته النماذج القليلة «المناسبة» أو «الهادفة» ، تؤمن لنوع من الأنواع المرونة اللازمة لكي يتمكن من البقاء في عالم لا يبقى أبداً مستقراً لزمن طويل .

مهما بدا الأمر غير قابل للتصديق بأن آلية بهذه البساطة الظاهرية تكفي لتفسير التنوع الهائل لأشكال الحياة الموجودة ولمجيء وذهاب مختلف الأنواع المتجددة باستمرار فإنه لم يعد يوجد اليوم أي شك معقول في أن الأمر يحصل هكذا فعلاً . إنه فوق ذلك يفسر أيضاً تنوع وتعدد أشكال الحياة ويؤكد أيضاً أنه لا يمكن أن يوجد شكل «مثالي» للحياة لأن التنوع الهائل للشروط والخصائص التي يتصف بها المحيط تعطي تبعاً لذلك عدداً كبيراً من النماذج ، المختلفة في الشكل والوظائف ، الفرصة لأن تثبت آهليتها للتعامل مع هذه الشروط وبالتالي لأن تحقق ذاتها .

هكذا يؤدي المحيط في نفس الوقت الى تنوع بيولوجي يعكس التنوع الموجود فيه ذاته . لكن وبما أن المحيط بدوره يتأثر الى حد كبير بالحياة وبما أن جميع الكائنات الحية الموجودة الأخرى هي بالنسبة للكائن الحي الفرد جزء من المحيط فإنه ينتج عن ذلك هنا بالإجمال تأثير متبادل للتقوية الذاتية يؤدي ، فور ما تنقضي مرحلة الانطلاق الطويلة ، الى نوع من الانتشار الانفجاري السريع للحياة على الأرض .

وصلنا الآن في التسلسل الزمني للأحداث الى النقطة التي سيبدأ بعدها تسارع لا يتوقف . حصل هذا قبل حوالي مليار سنة من الآن في الحقبة التي كان فيها تطور الخلايا الأعلى المحتوية على نواة وعلى تجهيزات داخلية (عضيات) عالية التخصص قد اختتم .

في هذا الوقت كان التطور قد بلغ سوية فتحت الباب عريضاً أمام فصل جديد . قبل هذا الوقت وخلال مرحلة طويلة امتدت ما لا يقل عن ملياري سنة كان التطور عسيراً وبطيئاً الى درجة كبيرة كما كان يتعرض لأزمة تلو الأخرى ، كما سبق وذكرنا . صحيح أن ما من أحد يتوقع أن الحياة قد نشأت بدون مقدمات تاريخية وتطورت بدون مراحل انتقالية . غير أنها جلبت معها فوق ذلك كثيراً من العوامل والمؤثرات الجديدة المعقدة لدرجة أن إعادة التوازن المستقر الى سطح الأرض احتاجت الى ملياري سنة من الزمن .

كانت كل أزمة من الأزمات الماضية شديدة لدرجة أنه كان من الممكن أن تؤدي الى توقف التطور . علينا أن لا نتجاهل هذه الامكانية ، إذ مهما كان خيال عملية التطفر واسعاً ، كما برهنت تجربة ليدربيرغ (كمثال من بين كثير من الأمثلة) ، فإن قدرتها على الانجاز ليست لا محدودة . لو كان الأمر غير ذلك لكانت العظائيات لم تزل تعيش بيننا . عندما بدأت الخلايا البدئية الاولى التهام الجزيئات الكبيرة والمركبات المتضاعفة ، التي نشأت لا عضوياً عبر مليارات السنين من التطور العسير ، وراحت بالتالي تقتلها تباعاً (وإلا من أين كانت ستحصل على الطاقة الضرورية ، أي من أين كانت ستتغذى ؟) كان من الممكن أن تؤدي الأزمة الغذائية الناتجة عن ذلك الى بداية النهاية .

غير أن ظهور الجسيمات الخضر ، «آكلات الضوء» ، في الوقت المناسب كان يعني المخرج من وضع بدا وكأنه لا مخرج له . لكن نشاط هذه الجسيمات أدى فوراً الى اختلال التوازن مرة أخرى بين الحياة ومحيطها الأرضي بسبب عملية انتاج الاوكسجين التي بدونها ما كانت عملية التركيب الضوئي ممكنة . في هذه المرة جاء الانقاذ من الجسيمات الكوندرية .

بهذه الطريقة قضت الحياة ملياري سنة ترتجف أمام المخاطر والأزمات ، التي لا نعرف منها ، بالتأكيد ، سوى العدد القليل . لقد ظهرت أيضاً بدون شك نفس المخاطر والصعوبات لدى تطوير عملية انقسام الخلية . يكفي للدلالة على ذلك أن نشير الى الظروف التي استمرت ما لا يقل عن مليار سنة حتى تمكنت من اتمام العملية الحاسمة لتكاثر المتعضيات ولكي تأخذ عملية التطفر دورها الفعال .

غير أنه أخيراً بعد أزمات طويلة متلاحقة وانقراض أعداد كبيرة من أنواع الخلايا ، التي لم تتمكن من التكيف بما فيه الكفاية ، نشأ توازن جديدة . بعد أربع مليارات سنة من نشوء الأرض أصبح مؤكداً أن الحياة قد ثبّتت أقدامها نهائياً على هذا الكوكب .

تكاثرت في بحار الأرض أعداد كبيرة لا حصر لها من وحيدات الخلية الدقيقة ، التي يشكل كل منها متعضية حية ذات قدرات كبيرة عالية التخصص . كانت الجسيمات الخضر تعمل على أن لا ينفد الغذاء أبداً بعد الآن . أما الجسيمات الكوندرية فقد وفرت الإمكانية لاستخدام الاوكسجين ، الذي أنتجته الحياة نفسها ، كمصدر للطاقة تبين أن مردوديته تتجاوز كل ما وجد حتى الآن مما فتح الطريق أمام انجازات بيولوجية كبيرة تجعل كل ما سبقها أمراً باهتاً هزيلاً . كما حققت الآلية المكتملة لانقسام الخلية النقل المضمون لـ «الخبرات» ، المكتسبة خلال مليارات السنين ، في هيئة أشكال مختلفة من التكيف الى الأجيال اللاحقة .

غير أن الشروط الفيزيائية ـ الكيميائية على سطح الأرض حالت ، من ناحية اخرى ، دون حصول هذا الانقسام الخلوي ، وبالتالي تضاعف جزيئات د ن س ، بلا أخطاء . كما أن الأشعة المتحررة من تفكك العناصر المشعة الطبيعية الموجودة في القشرة الأرضية وكذلك أيضاً الأشعة الكونية (وقبل كل شيء الأشعة القادمة من المجرة والمساة الأشعة العليا) أدت الى حصول «تشوهات» (تغيرات) طفيفة وقليلة في جزيئات د ن س في نوى الخلايا . بذلك تغير معنى الرسالة ، التي يتوجب على هذه الجزيئات نقلها ، بمقادير قليلة ولكنها اعتباطية . هكذا نشأت «الطفرات» ومعها من خلال لعبة متبادلة مع المحيط حصلت عملية التطور البيولوجي .

في المحيط أيضاً حصل تسهيل هام قامت به الحياة نفسها أدى الى توسيع حاسم لإطار الامكانات المستقبلية الذي أصبح اعتباراً من الآن يشمل فعلاً كامل الكرة الأرضية . يتعلق هذا التسهيل أيضاً بالاوكسجين ، الذي كان تركيزه في الغلاف الجوي الأرضي في هذه الحقبة التي مضى عليها حوالي مليار سنة لم يزل أقل مما هو عليه اليوم بمقدار كبير . رغم ذلك فلم يكن لهذا العنصر آنذاك أهمية كمصدر جديد للطاقة وحسب بل كان مهماً أيضاً كمظلة واقية . حتى ذاك الوقت كانت الحياة تنحصر في طبقة ضيقة من مياه المحيطات .

كانت قوة الأشعة الشمسية في الأعماق التي تزيد عن ٥٠ أو ١٠٠ متراً لم تعد كافية لنشاطات تلك الخلايا في مجال التركيب الضوئي ، تلك النشاطات التي لم تكن بأي حال قد نضجت بصورة كاملة . كما أن تلك الخلايا الحساسة لم تكن تستطيع الاقتراب الى أكثر من ١٠ أو ٥ أمتار من سطح الماء بسبب القوة التفكيكية للأشعة فوق البنفسجية . هذا الأمر تغير الآن جذرياً ، بسبب الفعالية العالية للاوكسجين كمصفاة للأشعة فوق البنفسجية . كانت تكفي كميات ضئيلة من هذا الغاز الجديد لتخفيض خطر هذه الأشعة الخطيرة تخفيضاً كبيراً . لقد أصبح الآن فعلاً لأول مرة كامل سطح الكرة الأرضية تحت تصرف الحياة ، ليس فقط سطح المياه وإنما فوق ذلك المساحات الشاسعة من اليابسة ـ غير أن هذه الامكانية ظلت ، لأسباب مختلفة ، نظرية ٥٠٠ مليون سنة أخرى .

إذا أردنا أن نلخص ما ذكرناه ببضع كلمات فإننا نقول ان كل هذه الأمور أعطت هذه الحقبة صورة الوضع المتماسك الهادىء . كانت الحياة قد ثبتت أقدامها ونظمت «علاقاتها» وجعلت من الأرض وطناً لها وأصبحت منذ الآن جزءاً لا يتجزأ من كوكبنا . إن أكثر ما يدهش ، بناء على هذا الوضع وبغض النظر عن جميع العوائق التي تم تجاوزها ، هو ليس التمكن من الوصول الى هذه النقطة وإنما الحقيقة بأن الأمور لم تقف عند هذا الحد .

لقد سبق وأبدينا تعجبنا من هذا الأمر في نقطة أخرى مبكرة جداً من تاريخ التطور . كان هذا في الموقع الذي لاحظنا فيه أن ذرات الهيدروجين المنتشرة في الفضاء الكوني والتي تجمعت بفعل تجاذبها المتبادل في غيوم كونية لم تكتف ببساطة كنتيجة لضغطها الداخلي بنشوء النجوم الساخنة وتوهجها بل نشأت آنذاك في مراكز النجوم ظروف أدت بالضرورة في البدء الى تجمع ذرات منفردة من الهيدروجين الى بعضها البعض ثم الى تشكل نوى ذرية أثقل وأثقل حيث نشأ شيئاً فشيئاً عدد من العناصر تمتلك خواص وامكانات لم تكن موجودة في الكون من قبل .

نود هنا عند هذه النقطة أن نكرر مرة ثانية أنه لا يوجد جواب على السؤال ، لماذا لم يقتصر تاريخ الكون حتى نهاية الأزمان على تاريخ نشوء وتحطم أجيال متجددة باستمرار من النجوم المكونة من الهيدروجين بتكرار أبدي لا ينتهي . لن نعرف سبباً لذلك أبداً . إذ أن تطور الأمور باتجاه آخر ، بأن نشأت عناصر جديدة أخرى فتحت أمام التطور آفاقاً جديدة لا متوقعة ، يعود الى قدرات التحول الموجودة لدى العنصر البدئي الأول الهيدروجين . أما مصدر الهيدروجين وأسباب خصائصه المتميزة فإنها تقع بالنسبة لنا وراء البدء حيث لا تستطيع علومنا أن تطرح أية تساؤلات مجدية .

لما يتصف الهيدروجين بهذه الخصائص المتميزة ولماذا نشأ وكيف جاء الى عالمنا ؟ هذه الأسئلة لا يوجد لها جواب علمي كما لا يوجد جواب للسؤال حول مصدر الزمان أو أسباب القوانين الطبيعية . هنا نواجه ، مهما كررنا هذا القول لن نكرره بما فيه الكفاية ، نقطة ملموسة ، نواجه حقيقة لا جدال فيها وهي أن عالمنا ، أي المجال الذي نستطيع أن ندرك فيه ونطرح التساؤلات العلمية لا يشمل كل ما هو موجود . غير أن انتشار حكم مسبق غير قابل ، كما يبدو ، للاندثار يرغمنا على التكرار والإشارة بالسبابة

المرفوعة(*) الى أن العلوم الطبيعية الحديثة هي التي تعطينا الضمان بأن الأمور هي على هذه الحال . ان ما تطلبه أو تفترضه الفلسفة والميتافيزيقيا تقوم العلوم الطبيعية بتقريبه الينا بحيث يلامس أنوفنا .

هناك مرحلة أخرى انتهزنا على ضوئها الفرصة لأن نتعجب من أن التطور لم يتوقف . كانت هذه هي الخطوة التي تكرر معها مرة اخرى على مستوى أعلى ما وجدناه لدى ذرة الهيدروجين من خصائص دفعتنا الى الذهول : إن العناصر الجديدة التي تشكلت شيئاً فشيئاً لم تغن الكون بواحد وتسعين عنصراً آخر يمتلك كل منها خواص جديدة متميزة وحسب بل إن هذه العناصر برهنت على أنها قادرة على الاتحاد مع بعضها البعض ومع الهيدروجين ، الذي انحدرت جميعها منه ، في روابط شديدة الاختلاف والتنوع لا حصر لها ولم تزل تتشكل حتى يومنا هذا . هذا أيضاً لم يكن ضرورياً ولا منظوراً مسبقاً (أي غير قابل للتفسير) . أما أن تكون الأمور قد حصلت هكذا فهذا أمر ينتسب الى الحقائق التي يتوجب علينا قبولها دون تفسير .

في المرحلة اللاحقة تسلسلياً حصل بعدئذ الاتحاد التعاوني بين خلايا بدئية مختلفة الاختصاصات . لقد سبق وتحدثنا عنه تفصيلاً ، لأنه ذو أهمية حاسمة لكل ما يتبعه ، ولذلك لسنا بحاجة الى شرحه مرة اخرى . عند وضع هذا التعاون في الإطار الذي نتحدث عنه يمكن وصفه أيضاً بالقول : يبدو أن هناك مبدأ يجلس وراء عجلة القيادة يتقدم التطور تحت سلطته بأن يكرر عند كل مرحلة جديدة من التنظيم ، منطلقاً من المعطيات والامكانات الجديدة المتوفرة ، نفس الخطوات السابقة التي كانت قد أثبتت نجاحها . أكرر ان هذا القول لا يجوز فهمه على أنه «تفسير» بل إنني أحاول بهذه الصياغة أن أصف بصورة أكثر وضوحاً ما حصل آنذاك فعلاً .

بطريقة مشابهة لما كان عليه الأمر في تلك الحالات القديمة حصلت الأمور أيضاً في حقبة تماسك الحياة الأرضية التي وصلنا اليها الآن والتي تعود إلى ما قبل حوالى مليار سنة من وقتنا الحاضر . كانت المحيطات ممتلئة بالحياة الدؤوبة ، بوحيدات الخلية التي كان تنظيمها المعقد يعبر عن الذروة التي بلغها التطور الآن . كانت الحياة والمحيط ، بعد عدد لا حصر له من الأزمات ، قد توصلتا أخيراً إلى الهدوء بعد أن تكيفتا مع بعضهما البعض بصورة مناسبة محققتين توازناً منسجماً . ما هو الشيء الذي حال دون امكانية ان تبقى الأمور على هذه الحال ؟ أي سبب يمكن أن يُقدَّم ، أيضاً اليوم لاحقاً بعد أن اصبحنا نعرف كل ما حصل بعد تلك الحالة ، للادعاء بأن الأمور آنذاك كانت ستتابع مسيرها بالضرورة ، وبأن التطور لم يكن ليستطيع التوقف أي بأنه كان يتوجب عليه ان يتخلى عن كل ما حققه من انجازات وقدرات تكيفية عبر نضال مرير استهلك قدراً هائلاً من الزمن والجهود ؟

ما من أحد يستطيع الإجابة على هذا السؤال . الشيء الوحيد الذي نعرفه هو الحقيقة التاريخية بأنه قد تكرر آنذاك ما كان قد حصل مراراً قبل ذلك : لقد أغنت الخلايا المعقدة ، التي اصبحت موجودة

(*) إشارة الى رد فعل اينشتاين عندما طلب منه تقديم برهان على أفكاره النظرية حيث بلل سبابته بلعابه وقال : إنني أحس به كما أحس بتبرد سبابتي . ـ المترجم .

الآن ، المشاهد الأرضية ليس فقط بمبدأ جديد (وهو ظاهرة البنى المادية التي تقوم بالتمثل العضوي ولديها اختصاصات متعددة) وإنما هيأت ، فوق ذلك ، قفزة جديدة للتطور بأن أظهرت مرة أخرى قدرتها على الاتحاد مع بعضها البعض .

كانت المحصلة لهذه المرحلة من التطور تكمن في نشوء الكائنات الحية الأولى المتعددة الخلايا . كيف حصل هذا وما هي الامكانات الهائلة الجديدة ، بالنسبة لكل ما هو حي ، التي جلبتها معها هذه الخطوة ؛ هذه أمور لم يعد من الصعب وصفها . غير أن سهولة وصفها لا تنقص من روعتها وإبداعها . وهي لم تصبح قابلة للفهم إلا عندما ننطلق من كل ما تحقق حتى الآن على أنه معطيات قائمة . من السهل طبعاً متابعة اللعب بما أصبح متوفراً من «مواد» . لكننا يجب أن لا ننسى لحظة واحدة التاريخ الطويل الرائع الذي خلفته وراءها هذه المواد .

إن عملية الانتقال من وحيدات الخلية إلى كثيرات الخلايا ، التي تعتبر حاسمة في تاريخ الحياة الأرضية ، تصبح يسيرة على الفهم في اللحظة التي يتضح لنا فيها أن مفهوم «الاتحاد» يجب أن لايفهم هنا بالمعنى الحرفي للكلمة . إن كثيرات الخلايا الأولى لم تكن ، على أغلب الاحتمالات ، نتيجة لاتحاد حَرْفي بين عدة خلايا منفردة موجودة مسبقاً . . ينطبق هذا القول أيضاً على جميع كثيرات الخلايا الناشئة خلال كامل تاريخ الأرض حتى وقتنا الحاضر . ما من كائن حي أعلى ينشأ بهذه الطريقة .

تنشأ الكائنات الأعلى ، كما نعرف جميعاً ، عن طريق انقسام خلية أساسية محددة نسميها عادة «البويضة» (أو الخلية الأم ، أو الخلية البذرة ، أو البذرة) بشكل أن الخلايا الناتجة عن الانقسام المتتالي لهذه الخلية الأم لم تعد ، كما كان يحصل لدى وحيدات الخلية عبر مليارات السنين ، تنفصل عن بعضها البعض . تشير جميع الدلائل إلى أن نشوء متعددات الخلايا البدائية الأولى قبل حوالى مليار سنة من الآن قد حصل بهذه الطريقة .

أحد البراهين الدالة على ذلك هو أن بعض المتعضيات لم تزل حتى اليوم تحتفظ بهذه الطريقة الانتقالية . نذكر من هذه المتعضيات : البكتيريات وبعض الأشنيات البدائية التي لم تزل تشبه الخلايا البدئية القديمة العديمة النواة ، وعدداً كبيراً من الأنواع المختلفة لوحيدات الخلية العالية التطور التي تمسكت بطريقة الحياة القديمة ، ومتعضيات بدائية توقف تطورها عند مستوى هذه المرحلة الانتقالية (التي يجب ان تكون قد استمرت عدة عشرات من ملايين السنين) .

لقد قامت الحموض النووية د ن س الموجودة في نوى الخلايا بالتخزين الأمين لما تحقق ونقلته بأمانة وحذر عبر تتابع الأجيال الطويل الممتد حتى يومنا هذا . أما سلسلة الطفرات التي كان من الممكن أن تؤدي إلى متعدد الخلايا فلم تحصل لسبب أو لآخر. بالنسبة للبيولوجي يعتبر هذا الوضع مدعاة للإمتنان ، لأن «مستحاثات حية» من هذا النوع تعطيه فرصة رائعة لدراسة أشكال الحياة القديمة .

أحد الامثلة المحببة للعلماء في هذا المجال هو كثير خلايا مجهري يسمونه «باندورينا» . غير أن صاحب هذا الأسم الموسيقي هو ، بغض النظر عن أنه مكون من عدة خلايا ، ليس متعدد خلايا «حقيقياً» . هذه الصعوبة بالذات تجعل من باندورينا موضوعاً مهماً للباحثين . نستطيع ان نعتبره

مستعمرة خلوية لم تصل بعد إلى مستوى «الفرد» ذي التركيب الواحد المتماسك . يتألف باندورينا من ١٦ خلية أشنية ـ خضراء نشأت عن الانقسام المتعدد لخلية واحدة . غير أن الغلاف الطري لهذه الخلية الأساسية لا يتحطم بل يبقى موجوداً ليضم جميع الخلايا البنات الست عشرة مشكلاً منها جسيماً كروي الشكل .

إن ما يعطي هذا الجسيم طابع المستعمرة هو عدم وجود التنظيم الهرمي وعدم وجود تقسيم للعمل بين الخلايا المنفردة . صحيح أن الهدبيات الحركية لهذا الكائن تخفق في جميع الاتجاهات بايقاع جماعي موحد بشكل أنه يستطيع أن يتحرك في الماء بصورة منظمة ومنسقة ، غير أن جميع الخلايا الست عشرة لم تزل تتمتع بنفس الحقوق . كل منها تستطيع أن تفعل كل ما تستطيع فعله أخواتها . وقبل كل شيء لا يوجد ما يشير إلى أن جميع الخلايا تعتمد في نموها على بعضها البعض بالطريقة التي نجدها لدى الأفراد الحقيقية التي لاتقبل التجزئة . إذاً ما قام المرء بفصلها عن بعضها البعض تحت المجهر فإن خلايا باندورينا المنفردة تتابع حياتها بأن تشكل كل منها لوحدها مستعمرة جديدة .

تتكاثر باندورينا في الحالة العادية أيضاً بانقسام جميع خلاياها بحيث تتحول المستعمرة الأم «بدون بقية» إلى ١٦ مستعمرة جديدة . إن ما يشير إلى أن الأمر هنا يعبر عن الخطوة الأولى بإتجاه التعدد الخلوي هو أن المستعمرة تتألف دائماً من ١٦ خلية (وليس أبداً من ٨ أو ٣٢) . أي أن عدد الانقسامات مفروض مسبقاً وملزم لجميع الخلايا المشاركة .

غير أن البرهان على أن مستعمرة الأشنيات الصغيرة تمثل الخطوة الأولى على طريق التعدد الخلوي يتضح قبل كل شيء من الحقيقة بأن لـ باندورينا قريبات تقوم بالمراحل المتتابعة للخطوات التالية على نفس الطريق . لقد حفظت الطبيعة هنا مجرى عملية الانتقال من وحيد الخلية إلى الفرد المؤلف من كثير من الخلايا على هيئة صور منفردة متلاحقة كما على شريط سينمائي (فيلم) .

تمثل «ايدورينا» المرحلة التالية من الشريط (الفيلم) . هنا تتجمع ٣٢ خلية لتشكيل المستعمرة . حتى انه يوجد لدى بعض الأنواع مقدمات لمحور جسمي معين : بحيث يحصل التحرك دائماً في نفس إتجاه الجسم . لذلك فإن الخلايا الموجودة في هذا الإتجاه ، أي في الأمام ، تكون أصغر قليلاً . من ناحية أخرى فإن «النقط البصرية» (بدايات أولية لتشكل العيون) أكثر وضوحاً لدى الخلايا الأمامية منها لدى الخلايا الخلفية ، التي ليس لها دور كبير في عملية التوجه . هذا هو كل ما لدى ايدورينا من تقسيم للعمل . في هذه المستعمرة أيضاً تستطيع مبدئياً كل خلية أن تفعل كل شيء .

أما الفرد المتعدد الخلايا الحقيقي الأول الذي يظهر على هذا السُلَّم المتدرج هو «فولفوكس» المشهور . فولفوكس هو إتحاد مؤلف من مائة ، لا بل غالباً من عدة آلاف من الخلايا الأشنية المكتسية بأهداب حركية تصطف بسبب نشوئها من انقسام نفس الخلية الأم مشكلة كرة مجوفة كبيرة نسبياً يمكن رؤيتها بالعين المجردة كنقطة صغيرة خضراء . للحظة الأولى يدعو التناظر غير الدقيق لهذه الكرة الأشنية إلى الإعتقاد بأن صلاحها لأن تكون فرداً مستقلاً حقيقياً ، أي متعضية حقيقية كثيرة الخلايا ، هو أقل من صلاح باندورينا أو ايدورينا . لكن المظهر خداع . إن فولفوكس هو من جميع النواحي وحيد خلية

حقيقي ، وهو أول مثال على طراز المتعضيات في المرتبة التالية الأعلى من مراتب التطور .

على الرغم من شكله الكروي تقريباً فإنه يوجد لدى فولفوكس توجه جسمي واضح : عند السباحة يتجه دائماً نفس القطب نحو الأمام . كما ان النقط البصرية للخلايا التي تشكل هذا القطب هي أوضح تشكلاً مما هو الحال لدى بقية الخلايا وعلى الأخص لدى الخلايا الموجودة في النصف الخلفي من الكرة . أما الهدبيات الحركية لجميع آلاف الخلايا ، التي يتألف منها فولفوكس ، فإنها تحقق جميعها بإيقاع منظم منسجم . لتحقيق هذا الانسجام يوجد خيط رفيع يربط بين جميع الخلايا هو عبارة عن حبال بروتينية رفيعة تبقى عند انقسام الخلية الأم متماسكة لا تنقطع . يجب ان ننطلق من أن الإثارة اللازمة لتحقيق الإيقاع المنسجم تمر عبر هذه الحبال جيئة وذهاباً .

غير أن الأمر الحاسم في إطلاق الحكم ، أي في تصنيف هذا الكائن هو قبل كل شيء الحقيقة بأنه يوجد تقسيم واضح للعمل بين الخلايا المختلفة . وهو أكثر بروزاً فيما يتعلق بالوظيفة البيولوجية الأساسية : التكاثر . لأول مرة نجد لدى فولفوكس انه لم تعد كل خلية تستطيع ان تنقسم كما تشاء . لم تعد هذه الامكانية متوفرة إلا لعدد قليل من الخلايا الموجودة في النهاية الخلفية لسطح الكرة . هذه الحقيقة تجعل من جميع خلايا فولفوكس الكثيرة الأخرى «خلايا جسمية» . بهذا الوضع تواجهنا في هذا الممثل الأول للفرد المركب الموحد لأول مرة في تاريخ التطور ظاهرة الموت .

من الطبيعي أن الموت قد وُجد قبلئذ أيضاً ؛ لقد ظهر في نفس الوقت مع الحياة . مهما كان وقع هذا في اللحظة الأولى محزناً : لو كان الأمر على غير هذه الحال لأصبح العيش على الأرض غير محمول منذ مليارات السنين . من السهل جداً تعليل ذلك . تستطيع بكتيريا واحدة ، إذا ما انقسمت فقط كل ٣٠ دقيقة مرة واحدة ، أن تخلف نظريا خلال ٢٤ ساعة ما يزيد عن ٢٠٠ بليون بكتيريا . (يتناسى الناس غالباً النتائج الكبيرة التي تؤدي اليها سلسلة حسابية من النوع ٢ ، ٤ ، ٨ ، ١٦ ، ٣٢ ، الخ . . . والتي تبدو للوهلة الأولى بمنتهى البساطة).

من حسن الحظ أن هذا الأمر لم يحصل أبداً . إنه ببساطة لا يوجد المكان الكافي لهذا التكاثر اللا محدود . ومن البديهي ان البكتيريات تموت أيضاً . غير أن موتها هو ، كما هو الأمر لدى جميع وحيدات الخلية الأخرى ، إلى حد ما «موت بحادث» . إن وحيدات الخلية لا تهرم ولا تموت لأسباب داخلية . إنها كما يقول البيولوجيون «كمونياً» لاتفنى . عندما تتكاثر بالانقسام يشكل كل نصف من النصفين الناتجين خلية وحيدة «فتية» لا تنتج «جثة» .

يختلف الأمر لأول مرة عند فولفوكس . إنه أول متعدد خلايا أصلي يقدم تاريخاً ويخلف أول جثة . عندما يتكاثر فولفوكس تبدأ خلاياه «الجنسية» الموجودة في منطقة القطب الخلفي ، وهي الوحيدة القادرة على ذلك ، بالانقسام . عندئذ تنفصل عن السطح وتسقط في الجوف الفارغ من الكرة حيث تنمو هناك مشكلة كرات فولفوكس جديدة . ثم تتمكن بعدئذ من الانطلاق إلى الحرية عن طريق انفجار الكرة الأم وموتها .

هنا اصبحت فقط خلايا التكاثر هي التي لا تموت . أما الخلايا الباقية فلم تعد تشكل سوى

«جسم» قادر على الحياة لفترة محدودة . وعلى هذه الصورة بقيت الأمور في مملكة كثيرات الخلايا حتى يومنا هذا وهكذا هي أيضاً في مملكتنا البشرية . من بين الخلايا الكثيرة اللاحصر لها التي يتألف منها جسمنا تعتبر فقط الخلايا التناسلية على أنها (كمونياً على الأقل) لا تفنى . عملياً لم تعد تتحقق هذه الامكانية أيضاً إلا لعدد ضئيل جداً منها هو الذي يتمكن من الإتحاد مع خلية تناسلية للجنس الآخر لكي يبنيا حولها «جسماً» جديداً .

من منظور المرحلة التطورية التي وصلنا في وصفنا إليها الآن يمكن أن يتولد لدى المرء الانطباع ان جسم المتعضية المركبة من كثير من الخلايا ، بما في ذلك جسمنا البشري ، هو في الأساس ليس سوى نوع من «التغليف» . إنه غلاف مؤقت للمادة الحقيقية المفيدة : الخلية التناسلية (البذرة) التي لا تموت والتي يتوجب عليه حفظها والمحافظة عليها ومتابعة نقلها سليمة من جيل إلى جيل . وكأن جسمنا ما هو إلا أداة صنعت لكي تؤمن الحماية لهذه الخلية البذرة ولكي تمنحها الفرصة والوقت لكي تنقسم .

يستطيع المرء أن يوتّر هذه الفكرة إلى أبعد من ذلك . يستطيع ان يضع التخمينات حول ما إذا كان لجسمنا ربما في نهاية الأمر مهمة واحدة وحيدة وهي أنه ، نظراً لمقدار النجاح الذي تمكن بواسطته أن يثبت ويفرض نفسه بيولوجياً في محيطه ، ليس سوى نوع من جهاز للتلمس أو التحسس موضوع تحت تصرف الخلية البذرة ، أو بتعبير أدق ، في خدمة الحمض النووي د ن س الموجود فيها ، تفحص بواسطته هذه الخلية مدى هادفية الطفرات التي تحصل ، أي مدى انسجامها مع الهدف الذي تبتغيه .

لكن أي معنى يريد المرء أن يعطي بعدئذ أيضاً لمفهوم «الهادفية البيولوجية» ؟ كيف يمكن أن تثبت الهادفية هادفيتها إلا بتزايد النجاح للمتعضية المتكيفة مع محيطها ؟ بهذا الشكل يصبح إذن الكون الصغير (حموض د ن س) هو الذي يخدم هنا الكون الكبير (المتعضية) وليس العكس . لذلك فإن تخمينات من هذا النوع يمكن ان تكون مسلية لكنها تحتوي على شيء لا يلقى غالباً أي اهتمام . رغم ذلك لا يجوز أن نغفل عن أن جميع هذه التأملات هي وحيدة الجانب لأنها تنطلق من أفق محدود ، من منظور ضيق لخطوة وحيدة من خطوات التطور أُخِذت كيفياً من كامل مساره الطويل .

هكذا نجد أن مزايا التعدد الخلوي لم تكن ممكنة بيولوجياً إلا مقابل ثمن باهظ هو العمر المحدود . هذا وحده يتيح الاستنتاج بأن هذه المزايا يجب ان تكون كبيرة . أبسط مزية يستطيع الكائن الحي المتعدد الخلايا أن يحققها هي بالطبع ببساطة انه يستطيع ـ بالمقارنة مع وحيد الخلية ـ أن يزيد حجم جسمه كما يشاء تقريباً . لا يحتاج المرء إلا أن يكون قد رأى مرة واحدة حشرة صغيرة تتخبط لا حول لها ولا قوة على سطح قطرة من الماء لكي يعترف أن الحجم الجسمي بحد ذاته يمكن أن يشكل مزية كبيرة في هذا العالم من كثافة السطوح . من البديهي أن هذا يصح أيضاً لأسباب أخرى كثيرة . إذا كان المثل القائل «الكبار يأكلون الصغار» لا ينطبق على الطبيعة بلا استثناء فإننا نستطيع عموماً على الأقل أن نعتبر أن الكبار بدورهم في منجى نسبياً من أن يأكلهم الصغار .

غير أن الامكانات الأكثر أهمية وغنى التي جلبها معه الانتقال التطوري من الكائنات الوحيدة الخلية إلى الكائنات المتعددة الخلايا نتجت عن مبدأ تقسيم العمل بين الخلايا المختلفة التي يتألف منها هذا

الكائن المركب . تظهر المقدمات الأولية لهذا المبدأ لدى فولفوكس . أما امكاناته الواسعة التي تحققت خلال عملية التطور فتظهر لنا فور إلقاء نظرة عابرة على بعض أنواع الخلايا التي تتألف منها أجسامنا .

... كيف تتمكن خلية واحدة من إنتاج هذا العدد الكبير من الخلايا المختلفة «المتميزة» عن طريق الانقسام ؛ هذا سؤال لم يلق جواباً علمياً بعد . كل ما يتوفر لدينا الآن هو بعض المقدمات الأولية غير المكتملة .

تكمن المشكلة في أنه يوجد في نواة كل خلية من خلايا جسمنا ، سواء أكانت خلية من الكلية أو من الغدد أو من الجلد أو خلية عصبية ، بناء على حصول عملية انقسام النواة بدقة هائلة نسخة كاملة غير منقوصة من جزيئات د ن س («الجينات») التي كانت موجودة في البويضة الملقحة ، التي نشأت عنها هذه الخلايا جميعها . لدى كل خطوة من خطوات الانقسام اللا حصر لها ، التي نشأت بواسطتها هذه الخلايا شيئاً فشيئاً ، تتضاعف جزيئات د ن س بدقة تامة وتتوزع في كل مرة بالتساوي على كلا النصفين الناتجين عن الإنقسام . لذلك فإن كل خلية من خلايا جسمنا تحتوي على «معلومات» أكثر مما تحتاج لإنجاز مهمتها الخاصة . كل خلية تحتوي على مخطط بناء متكامل غير منقوص لكامل جسمنا .

فقط لهذا السبب استطاع متنبئو المستقبل من علماء الأحياء الجزيئية الحديثين أن يتوصلوا في السنين الأخيرة إلى الخاطرة بأنه من الناحية المبدأية يجب أن يكون ممكناً أن نبعث (نشكِّل) إنساناً من خلية واحدة (من أية خلية) من خلايا جسمه . أي أنه يجب أن يكون ممكناً بهذه الطريقة أن ننتج لكل منا «لاحقاً» أخاً توأماً أو «نسخة ثانية طبق الأصل» . أدت هذه الخاطرة بعدئذ إلى تخمينات أبعد حول ما إذا كان البشر في المستقبل قد يأخذون خلايا من الجلد ويحفظونها في درجات حرارة منخفضة لكي ينتجوا منها ، في حالة الموت المفاجيء بحادث أو ما شابه ، على الأقل «نسخة ثانية» عن الشخص المتوفي .

من الطبيعي أن هذه الفكرة (بغض النظر عما إذا كان تحقيقها مرغوباً) ستبقى حتى إشعار آخر مجرد تصور خيالي . يعود السبب في ذلك ليس فقط إلى أن تشكل الجنين البشري خارج رحم الأم لم يصبح ممكناً بعد . بل تتعلق الصعوبات الأكبر هنا في المسائل المتعلقة بمشكلة «التميز» التي ذكرناها سابقاً .

لننظر إلى حالة الخلية التي أصبحت «خلية كبدية» . إنها تنشأ في وقت ما في الجنين عن طريق انقسام خلية غير متخصصة بعد . هي أيضاً تحتوي على كامل مخطط بناء المتعضية ، التي تشكل جزءاً منها . لكنها هي بحد ذاتها لا تبالي ولا تعطي أي إهتمام للتفاصيل الكثيرة المعقدة التي يحتويها مخطط البناء بل تهتم حصراً بالمقطع الجزئي الصغير منه الذي يحتوي تعليمات حول مظهر ووظيفة الخلية الكبدية . أي أن الخلية لا يحق لها خلال نموها بعد الإنقسام أن «تقرأ» أو تتجاوب إلا مع المقطع الصغير . يتوجب عليها أن تتجاهل جميع التعليمات الأخرى التي يحتويها المخطط .

حسب المعارف المتوفرة لدينا الآن تحصل الأمور في الواقع العملي فعلاً بهذه الطريقة . حيث أن جميع جزيئات د ن س الكثيرة ، التي تشكل مجتمعة مخطط البناء ، تكون مصطفة كجينات (كمورثات) بجانب بعضها البعض مشكلة في نواة الخلية ما يسمى الكروموزومات (الصبغيات الوراثية) . وفي بعض الحالات يستطيع المرء أن يراقب صبغية وراثية تحت المجهر ويرى أياً من جيناتها يكون في حالة نشاط وأياً

منها في حالة سكون . لدى بعض الحشرات تتورم بصورة مرئية الجينات التي تكون في حالة نشاط ، أي التي تكون في صدد إعطاء الأوامر ، بحيث تنتفخ مواقع الكروموزومات ، التي تقيم فيها هذه الجينات ، مشكلة تورماً ظاهراً مرئياً أو ما يسمى بوف (من الكلمة الانكليزية بوف = فقاعة) . من هنا أصبح معروفاً أن أغلب جينات الخلية تبقى بلا أي نشاط . في هذه الحالة تكون المعلومات المخزنة مقفلة (تقوم على الأرجح بإقفالها جينات أخرى يسميها البيولوجيون «جينات التعطيل») . لا بل إن هذه الحالة هي الحالة العادية أي الحالة السائدة عموماً . عندما يُنشَّط أحد الجينات ، أي عندما تدعو الحاجة الى استخدام الرسالة التي يحملها ، عندئذ يتم نزع القفل (تقوم على الأرجح بذلك جينات نوعية أخرى قادرة) . نستطيع الآن أن نلاحظ ، لاحقاً ، أن هذه الطريقة منطقية ومقنعة . إذ من الواضح أن مخطط البناء لوحده لا يكفي ، لأنه لا يحتوي سوى التنظيم المكاني الانشائي . غير أن ما تحتاجه الخلية فوق ذلك هو التنظيم الزماني أيضاً .

إن أفضل مخطط بناء لن يكون مفيداً إذا لم نكن نعرف بالاضافة إليه أين يجب علينا أن نبدأ بالبناء ومتى وبأي تسلسل يجب تنفيذ الأجزاء التفصيلية من المخطط . تعتبر هذه الأمور عند بناء المساكن بديهية . يجب البدء أولاً بالأساسات ولا يمكن بناء السقف إلا بعد إنجاز الأعمدة التي يستند عليها . كما لا يجوز القيام بعملية الطينة إلا بعد وضع الأنابيب التي ستمر فيها الأسلاك الكهربائية . لكي ننفذ أي مبنى لا نحتاج إلى التقيد بالمخطط المكاني الإنشائي وحسب وإنما أيضاً بالمخطط الزمني أي بتسلسل الخطوات المنفردة الكثيرة التي ينشأ عنها المبنى .

تنطبق هذه الشروط على مباني الطبيعة أيضاً وبالتالي على الخلية المنفردة . أما كيف يتحقق هذا التنظيم الزماني هنا فلا نعرف سوى القليل . من الذي يقول للخلية متى وأية مخططات تفصيلية عليها أن «تقرأ» وأية مخططات عليها أن تدع جانباً مؤقتاً ؛ هذه أمور لم يكتشفها البيولوجيون بعد . كيف تتم عملية تعطيل بعض الجينات في اللحظة المناسبة وبالتسلسل الصحيح ، من الذي ينشط أو يعطل جينات التعطيل ؛ كل هذه الأمور لم تزل في الظلام القاتم . (يبدو أن مستوى البناء الذي يتم الوصول إليه في خطوة هو الذي يفتح الطريق أمام الخطوة التالية بطريقة لم يتمكن أحد من اكتشافها بعد) .

الشيء الثابت على أي حال هو أن توجيه النشاطات المرتب بدقة مكانياً وزمانياً بهذه الطريقة يشغِّل ويعطل الجينات حسب الحاجة وأن «تمايز» الخلية يتم بهذه الطريقة . عندما يتوجب على خلية أن تصبح خلية كبدية تشغِّل ببساطة فقط الجينات (بالتسلسل الصحيح) اللازمة لتحقيق هذا الجزء من مخطط البناء . أما جميع الجينات الأخرى فتبقى طيلة عمر الخلية مقفلة (معطلة) . (لست بحاجة لأن أشير مرة أخرى إلى المشاكل الكثيرة الغامضة التي تختبيء خلف كلمة «ببساطة» التي ذكرتها لتوي) .

إن المعرفة التي لا جدال فيها ، بأن يوجد في كل خلية من خلايا جلدنا المعلومات الوراثية حول جسمنا بكامله ، لا تفيد في التطبيق العملي أي شيء على الإطلاق . لكي يتم إنتاج نسخة طبق الأصل لإنسان ما في المخبر انطلاقاً من خلية واحدة ما من خلايا جلده يجب أن يكون المشرف على التجربة قادراً على فك أقفال جميع الجينات التي تحتويها هذه الخلية (وهي تبلغ لدى الإنسان عدة ملايين على الأقل) وأن يتمكن

من تنفيذ هذا الفك بدقة متناهية وبالتسلسل الزمني الصحيح . هذه مهمة ستبقى بالتأكيد غير قابلة للحل لعدة أجيال قادمة .

أما الطبيعة فهي تعرف المبدأ منذ زمن طويل . لولا هذه المعرفة لما تمكنت من الوصول حتى ولا إلى وحيد الخلية ، لأن تكاثره بالانقسام يتطلب أيضاً الانقسام الدقيق للنواة بما فيها من صبغيات وراثية حاملة للجينات ، أي أنه عملية تحتاج إلى دقة فائقة وإلى تنظيم زمني عال سبق وشرحناه في موقع سابق وشبهناه بالنظام المطبق في رقص الباليه .

الآن ، على مستوى كثير الخلايا ، تحصل الطبيعة بقدرتها على التحكم بعلبة مفاتيح الجينات على الإمكانية لأن تجعل الخلايا المنفردة للمتعضية الأعلى تتعمق في تخصصها إلى أقصى الحدود الممكنة بيولوجياً على الإطلاق . إن من يسيطر على علبة مفاتيح الجينات ويجيد التحكم بها يستطيع أن يختار من كل خلية الجينات التي يشاء و «يعزف» عليها الوظائف والخصائص التي يحتاجها . أما النتيجة فهي التمايز الخلوي ، أي الحقيقة بأن الخلايا المختلفة لدى الكائن الحي الأعلى تتميز عن بعضها البعض بصورة مدهشة تبعاً للوظيفة التي نشأت لتحقيقها .

على هذا التمايز يقوم التقدم الحاسم الذي يمثل ، في تاريخ الحياة ، القفزة إلى كثير الخلايا . بواسطة مواد البناء المتخصصة بهذه الطريقة يمكن ، لتحقيق وظائف وإنجازات محددة ، بناء أعضاء بمهارة وبدقة لم تكونا معروفتين من قبل . يعود هذا ببساطة إلى أنه من الممكن أن نبني بقطع صغيرة نسبياً أعضاء كبيرة نسبياً بطرق اكثر تعدداً وتنوعاً وأيسر مما كان فعله ممكناً مع قطعة كبيرة نسبياً في جسد كائن حي كان هو نفسه لا يتألف إلا من خلية واحدة . يصح هذا هنا كما يصح لدى الفروق في النوعية لمنظر حيث تتعلق جودته بعدد النقط التي يتكون منها . كما أن الصورة المطبوعة في جريدة بطريقة سيئة (عدد قليل نسبياً من النقط الكبيرة نسبياً) تعطي تفاصيل أقل مما تعطيه صورة فوتوغرافية على فيلم ملون شديد الحساسية لما يحتويه من الكثير من الحبيبات الملونة المجهرية الصغيرة .

لنتذكر الآن مرة أخرى «النقط البصرية» التي لا حظناها لدى وحيدات الخلية . لا يوجد أي مجال للشك في أن هذه النقط الملونة الصغيرة الماصة للضوء ، حتى لو كانت مجرد حبيبات لونية صغيرة ، تؤدي لدى وحيد الخلية من ناحية المبدأ نفس الوظيفة التي تؤديها العيون لدى الكائنات الحية الأعلى . من الطبيعي أننا لا نستطيع مقارنتها بالعين بالمعنى الضيق للكلمة ، لأنها لا تستطيع لأسباب فيزيائية بحتة أن تلتقط «صورة» للمحيط ؛ وهذه مسألة لم يكن لها أي معنى في هذه المرحلة من التطور لأنه لم يكن قد وُجد بعد النظام العصبي المركزي الذي يستطيع أن يفعل شيئاً بمثل هذه الصورة .

غير أن النقط البصرية لدى وحيدات الخلية هي بدون شك «مستقبلة للضوء» ولو بالمعنى المتواضع للكلمة لأنها تمتص الضوء الساقط عليها وبالتالي تشكل ظلاً في المتعضية التي تنتسب إليها . إنها عضيات تمتص الضوء ثم تعطي إشارات أو إثارات (إشارات أو إثارات لأن الإشارة تصل إلى النقطة التي يتوجب عليها التنفيذ بصيغة «إثارة») ، وإن كانت هذه «الإثارات» ما هي سوى الظل نفسه الذي يسقط على جذر

الهدبية الحركية ويؤثر على نشاطها . تتضافر كل هذه الأمور بحيث تعمل كموجِّه أوتوماتيكي يجعل وحيد الخلية يسعى إلى ضوء الشمس المفيد بالنسبة له .

كل هذا هو بناء عجيب مجهري صنعه التطور يمكِّن وحيد الخلية من التعرف على خصائص محيطه فيما يتعلق بالإنارة . حتى لو تمكن بواسطة هذا الجهاز البسيط من مجرد التمييز البدائي بين «مضاء» و «مظلم» فإن الأمر هنا يتعلق بدون شك بالخطوة الأولى بإتجاه الوظيفة الخاصة التي نعنيها عندما نتحدث عن «الرؤية» .

إنه من المهم بالنسبة لتسلسل أفكارنا أن نوضح في هذا الموقع أن الطبيعة كانت قد قامت بالخطوة الأولى إلى الرؤية منذ مرحلة وحيد الخلية ، أي في وقت كان فيه التفكير «بالعيون» بالمعنى الحالي غير وارد على الإطلاق . غير أن تلك البدايات في هذا الإتجاه لم تؤد بعيداً إذ لم تتجاوز رد الفعل تجاه الضوء من النوع المذكور مما ساعد على التوجه ـ لم يتحقق أكثر من ذلك لدى وحيد الخلية . لم تكن المواد المتوفرة كافية لمتابعة هذا المبدأ واستكمال بنائه .

أما بعد أن حقق التطور الخطوة التالية التي أدت إلى المتعضية الأعلى المؤلفة من عدة خلايا ، عندئذ لم يعد يوجد أي توقف . لقد سارت الأمور كما يجب أن تسير عندما يكون أحد المخترعين قد صمم فكرة وحملها في رأسه زمناً طويلاً ثم حصل فجأة على المواد التي يحتاجها للتمكن من تنفيذ هذه الفكرة عملياً . لم يختلف عن ذلك رد فعل المخترع «تطور» عندما توفرت له في هذه المرحلة من التطور فجأة الامكانية لأن يصنع «جهاز استقبال ضوئي» من عدد كبير من الخلايا المنفردة المتخصصة . بعد ذلك تم الانتقال شيئاً فشيئاً وخطوة خطوة من هذه الحاسة البدائية البسيطة للرؤية إلى عيوننا الحالية . لم تزل توجد حتى يومنا هذا حيوانات على سويات مختلفة من التطور يمثل كل منها خطوة من هذه الخطوات المتتالية .

مهما بدت عيوننا معقدة التركيب فإن الطريق الذي أدى إليها لم يمتد سوى فترة قصيرة نسبياً لم تتجاوز عدداً قليلاً من مئات ملايين السنين . وهذه الفترة أقصر جوهرياً من تلك التي احتاجتها الطبيعة لتصميم وتنفيذ آلية انقسام النواة لدى وحيد الخلية .

هنا نجد أمامنا السبب الثاني والأهم للتسارع الكبير الذي سار فيه التطور خلال الستماية او الثمانماية مليون سنة الأخيرة قياساً على المراحل السابقة . تبدو الأمور هنا وكأن جميع القرارات الجوهرية كانت قد اتخذت خلال الأحقاب الطويلة الماضية التي سبقت هذه المرحلة . كان زمن البحث والتحضير قد انتهى . كانت المبادىء الأساسية قد طُوِّرت جميعها وإن كان هذا التطوير لم يزل في بداياته الجنينية . أصبح المطلوب الآن هو فقط استغلال هذه الإمكانات الجديدة المتوفرة وتحسينها باستمرار .

سنصادف لاحقاً مراراً وتكراراً كثيراً من الامثلة التي تؤيد هذه الحالة . نود هنا فقط أن نذكِّر مرة أخرى بالقناة الناقلة للإشارات (أو للإثارات) الموجودة لدى وحيدات الخلية المحتوية على هدبيات حركية . إن حقيقة وجود التنسيق والتوحيد في شدة وإتجاه خفقان هذه الهدبيات لا يمكن تفسيرها إلا بافتراض وجود رابطة من نوع ما فيما بينها تؤدي إلى هذا الإيقاع الموحد . لم نزل اليوم لا نعرف نوعية هذه الرابطة لأن المجهر الضوئي والمجهر الالكتروني لا ينبئاننا عن أي شيء في هذا المجال . قد يكون الخط

الناقل للإشارات (أو للإثارات) ، التي تنسق بين الأهداب الحركية ، مؤلف من حبال هيولية متخصصة كيميائياً فقط وبالتالي غير مرئية . ولكن كيفما كان الشكل الذي سيتخذه حل هذه المشكلة فإنه يبقى مؤكداً أن ما يحصل هنا هو تطبيق لمبدأ لم نصادفه بشكله الناضج إلا لدى الكائنات الحية المتعددة الخلايا : إنه مبدأ نقل الإشارات .

مرة أخرى نلاحظ هنا أن الأمور ليست ، كما نعتقد غالباً بدون مناقشة ، أن الخلية العصبية المتخصصة هي التي حققت لأول مرة نقل الإثارات داخل جسم المتعضية وحققت بالتالي تماسكه وتوجيه وظائفه المختلفة . بل إن العكس هو الصحيح . إذ أن انتقال الإثارات كان موجوداً دائماً منذ القدم . حتى وحيدات الخلية الأكثر بدائية لم تكن بقادرة على العيش لولا وجود التوافق والانسجام بين وظائفها المختلفة . غير أن استغلال الامكانات الهائلة الكامنة في هذا المبدأ لم يتحقق إلا بوجود الخلايا العصبية التي مكّنت من إنشاء أجهزة إتصال دقيقة ومعقدة لنقل المعلومات داخل جسم المتعضية تشكلت منها لاحقاً ، في وقت متأخر جداً ، منطقة مركزية لإعطاء المعلومات والأوامر ، أي الدماغ .

من هذا المنظور تقدم الاربعماية أو الخمسماية مليون سنة الأولى من حياة متعددات الخلايا ، أي تاريخ نشوء الاسماك والمحارات والسرطانات والاسفنجيات والديدان وغيرها ، (حتى الآن لم يكن يوجد حياة إلا في الماء حصراً !) دائماً أمثلة جديدة على نفس المسألة : وهي أن ما كان يحصل هنا هو استكمال وتحسين للوظائف والانجازات وطرق السلوك التي كانت قد وُجدت بدايات أو على الأقل مقدمات لها في مرحلة وحيد الخلية . كانت تنشأ بالطبع خلال ذلك «تجديدات» كثيرة التعدد والتنوع . غير انه في كل حالة منفردة سواء تعلق الأمر بنشوء عضو خاص أو وظيفة خاصة ، فإن البذرة أو البداية أو المقدمة لا بد أن تكون قد وُجدت في مملكة وحيدات الخلايا .

سيصيبنا الإنهاك إذا ما أردنا وصف التفاصيل في جميع الأمثلة التي ذكرناها . سوف لن تقدم التفاصيل بالنسبة لتسلسل أفكارنا أية وجهات نظر جديدة إذا ما شرحنا الطريق الملموس الذي سارت عليه الأمور في كل حالة لدى الانتقال من وحيد الخلية إلى الأسماك أو السرطانات أو الديدان . إن من يهتم بهذه التفاصيل (وهي هامة بما فيه الكفاية) يستطيع أن يقرأها في أي كتاب جيد للبيولوجيا . عندما ننطلق من وجود المواد الأولية المؤلفة من الخلايا المتخصصة الأعلى ونضيف اليها عملية التطور الخلّاقة المدفوعة بمبدأي التطفر والاصطفاء ، عندئذ لا تبقى أمامنا صعوبات مبدأية لفهم التطور الذي أدى إلى الحيوانات المتنوعة الكثيرة التي نشأت في الماء .

من منا لن يكتشف التوازي مع المرحلة الأولى من التطور ، أي تكرار الحالة التي بدأنا بها هذا الكتاب ؟ لقد قلنا هناك اننا عندما ننطلق من وجود الهيدروجين وخصائصه المدهشة ثم من قوانين الطبيعة زائد المكان والزمان عندئذ نستطيع استخلاص التاريخ ، على الأقل بخطوطه العريضة ، الذي جرى منذ بدء الكون وأدى على الأرض إلى نشوء كل شيء حتى إلى نشوئنا أنفسنا . أن يكون هذا ممكناً ؛ هذا ، كما يبدو لي ، هو الاكتشاف المذهل لعصرنا . لذلك شكلت هذه الفكرة الموضوع الرئيسي لهذا الكتاب .

أن تكون بذلك ذرة الهيدروجين قد احتوت منذ البدء كإمكان كل ما نشأ في الماضي وكل ماسينشأ في المستقبل ، هذا هو أهم اكتشاف حققته العلوم الطبيعية الحديثة من ناحية أنها ترغم كلًّا منا ، كل من لا يريد أن يغلق ذهنه قسراً أمام هذه الرؤية ، على الاعتراف بالحقيقة بأن لهذا العالم ولتاريخه منشأً بدئياً لا يمكن أن يكون فيه ذاته . في المجال الواقع خلف هذه الحقيقة الوحيدة يبقى كل شخص حراً في أن يكوِّن لنفسة الأفكار التي يريد حول السبب الذي منح ذرة هذا العنصر البسيط (أبسط العناصر) التي نشأت بالنسبة لنا من العدم ، إمكانات التطور التي شملت وجودَه نفسه وشملت قدرته على التفكير بهذه المسألة وشملت الكون بكامله .

** ** **



١٧ـ الخروج من الماء

لماذا طال الوقت كل هذه المدة حتى استولت الحياة ، التي كانت قد استقرت بثبات على الأرض منذ زمن طويل ، على كامل سطح هذا الكوكب ؟ لم يمض على احتلال اليابسة سوى أقل من ٥٠٠ مليون سنة . لماذا تأخرت الحياة في القيام بهذه الخطوة كل هذا الوقت ؟ الجواب على منتهى البساطة : لا يوجد حتى يومنا هذا أية حجة بيولوجية مقنعة يمكن أن تبرهن على أن هذه الخطوة كانت منطقية أو منسجمة مع الهدف . لذلك يجب علينا أن نطرح السؤال بطريقة معكوسة تماماً : كيف يمكن تفسير قيام الحياة بالقفزة الهائلة الشديدة العواقب التي أخرجتها من الماء ، من مهدها ومأواها الطبيعي ، إلى اليابسة ؟

أن تكون الماء اليوم عنصراً يهدد حياتنا فما هي إلا ظاهرة معبرة عن الجذرية التي كيَّفتنا فيها الطبيعة مع شروط هي في الأصل غير عادية وغير محتملة وضعت فيها المتعضيات الحية بتعريضها للهواء الطلق . إن الإنتقال من أحد العناصر إلى الآخر (من الماء إلى الهواء) هو أكثر خطوات التطور التي تحدثنا عنها حتى الآن إثارة للتساؤل لأنه لم يقدم ، في اللحظة التي حصل فيها ، أية فائدة أو ميزة بل بالعكس جلب الأخطار والمتاعب .

لو كان يوجد آنذاك مراقب يشاهد المحاولات المجهدة والغنية بالخسائر التي قامت بها الحياة للخروج من الماء لهزّ رأسه مستغرباً . كان الهدف الذي سيحققه هذا المشروع المكلف غير معروف وكان علاوة على ذلك مؤكداً أن هذا التطور الجديد سيحتاج إلى سلسلة من التجهيزات والقدرات البيولوجية الإضافية المعقدة التي لم تكن له حاجة بها حتى الآن على الإطلاق .

تبدأ المشاكل بالوزن الذاتي للجسم . هذه المشكلة لم تكن موجودة في الماء لأن النسبة العالية من الماء التي تحتويها أجسام جميع الكائنات الحية المائية تجعل وزنها النوعي لا يزيد عن الواحد إلا قليلاً . أما الزيادة الضئيلة فيمكن معادلتها بسهولة ـ بواسطة الفقاعات الهوائية أو تجهيزات أخرى مماثلة . لذلك

يعوم سكان البحار في الماء . حتى أكبر الحيتان يكون في الماء عديم الوزن . أما سكان اليابسة فيستهلكون ، إذا ما ارتفعنا فوق مستوى الديدان والحلزونيات والأفاعي ، حتى ٤٠ بالمائة من مجمل طاقة تمثلهم العضوي لتحقيق الغرض البسيط وحده وهو حمل وزنهم الذاتي . إنه فعلاً ليس من السهل إيجاد أي سبب لسير التطور آنذاك في هذا الإتجاه الذي جلب معه هذا الضرر وغيره من الأضرار الأخرى . لذلك لا نستطيع بالتأكيد ان نتحدث هنا عن الهادفية البيولوجية بالمعنى المعروف .

جلب هذا التبدل معه مخاطر وأضراراً أخرى . كان الماء اللأزم حتى الآن كوسط انحلالي لجميع عمليات التمثل العضوي متوفراً بكميات لا محدودة . أما على اليابسة فقد أصبح شحيحاً . لذلك توجب تطوير تجهيزات معقدة وجديدة نوعياً تتيح التعامل مع المادة التي شحت فجأة بإقتصادية وحذر لاستهلاك أقل قدر ممكن منها . أضيفت إلى ذلك أهمية الماء كوسط لتخليص الجسم من نفايات التمثل العضوي ، إذ أن الكائنات المائية تستطيع غسل أجسامها وتنظيفها من الداخل كما تشاء . أما الآن فيجب ايجاد طرق جديدة للتمثل العضوي تخفف من استهلاك الماء .

إن الكائن الحي الذي ينتقل من الماء إلى اليابسة سوف لن يشعر فجأة بعبء وزنه الذاتي وحسب وسوف لن يكتشف خطر تعرض جسمه للنشاف ويتعرف لأول مرة على الشعور بالعطش ، بل إنه سيجد نفسه فوق ذلك معرضاً للتأرجحات الحرارية : الفروق الحرارية بين الليل والنهار ثم الفروق الحرارية الأكبر بين الفصول ، التي لم تكن معروفة قبلئذ والتي هددت بحصول خلل في عمليات التمثل العضوي . لقد نسينا نحن البشر بعد أن ابتعدنا عن الماء كل هذه المدة أن هذه المشكلة لم تكن موجودة من قبل ، لأن درجة الحرارة على عمق أمتار قليلة من سطح المحيطات تبلغ + ٤ درجة مئوية وتبقى منتظمة طيلة أوقات السنة . كان هذا الثبات في درجات الحرارة حتى ذاك الوقت مقدمة ضرورية للحياة لا غنى عنها لأن الحرارة ، كما نتذكر ، هي المحرك لجميع التفاعلات الكيميائية . لذلك فإن ثبات الحرارة يعني الضمان بأن جميع التفاعلات الكيميائية ستحصل بسرعة ثابتة وبالتالي قابلة للحساب . والتمثل العضوي هو في الواقع سلسلة من التفاعلات الكيميائية المنفردة الكثيرة . كم ستزداد الصعوبات للمحافظة على نظام جميع هذه التفاعلات ضمن شروط أعباء تقلبات الحرارة الخارجية !

نستطيع أن نقول بإختصار أن الخروج من الماء لم يكن له أي معنى سوى كأنه مهمة من مهام عنصر الحياة . إن هذا الذي نسميه اليوم احتلال اليابسة كان سيبدو آنذاك لمراقب مُفتَرض لا عقلانياً بنفس الدرجة التي تبدو لنا فيها اليوم رغبة كثيرة من الناس بزيارة القمر . إنه يعني التخلي عن الأمان المريح من أجل محيط كان يبدو عند بدء المغامرة على أنه لا يقدم أدنى فرصة للحياة . كانت اليابسة آنذاك عند النظر إليها من الماء تمثل وسطاً غريباً ومعادياً للحياة كما هو الأمر على سطح القمر بالنسبة لنا اليوم .

إن التشابه بين الحالتين أكبر مما يبدو لنا للوهلة الأولى . يتعلق الأمر فعلاً في كلا الحالتين بنفس المشكلة : مشكلة البقاء في وسط بيولوجي غريب مميت . كما أن تدقيق الحالتين يظهر انه لم تكن فقط المخاطر والمهام في كلا الحالتين متشابهة وإنما أيضاً الحلول . وهذا يتضح أكثر عندما نلاحظ أن الأمر في الحالة الأولى تعلق بحل بيولوجي حققه المخترع «تطور» بمساعدة آليتي التطفر والاصطفاء ، بينما نقوم

اليوم بـ «غزو» الفضاء بمساعدة وسائل تقنية يخترعها عقلنا العلمي .

نصادف هنا مجدداً واحداً من تلك التشابهات أو واحداً من تلك التكرارات لنفس الدافع على درجات تطورية مختلفة سبق وتحدثنا عنها مراراً . سنقوم بشرح ما نود استخلاصه من هذا المثال الجديد في فصل لاحق لأن فهم المسألة سيصبح أسهل بالنسبة لنا بعد أن نكون قد تعرفنا على بعض المقدمات الضرورية . أما هنا فنود أن نوضح بواسطة بعض التفاصيل الملموسة كم هو مدهش عمق التشابهات في هذه الحالة . نحتاج لهذه الغاية مرة أخرى إلى خروج قصير عن الموضوع لكي نتعرف على الطريقة التي يتمكن العلماء بواسطتها اليوم من دراسة التبدلات البيولوجية والاختراعات التي تمكنت الحياة بمساعدتها قبل ٥٠٠ مليون من احتلال اليابسة .

نستطيع ان ننطلق في ذلك من الخبرة الموجودة لدى الداية (القابلة) بأن المولود المكتسي بالشعر بصورة بارزة يكون على الأرجح مولوداً قبل الأوان أي إنه غير مكتمل بعد . هذه الملاحظة صحيحة فعلاً . وهي تعود إلى أن كل جنين بشري يكتسي في حوالي الشهر الرابع من الحمل بفروة حقيقية كثيفة من الشعر غير ان هذه الفروة تختفي ثانية قبل موعد الولادة النظامي . أي معنى يمكن أن يكون لمثل هذه الفروة التي لا تبقى موجودة إلا في أثناء فترة التطور في رحم الأم حيث تكون خلالها الحماية ضد البرد غير ضرورية ؟

إن هذه الفروة التي حملناها جميعنا لفترة مؤقتة قبل ولادتنا ما هي إلا «ذكرى» جيناتنا الوراثية عن الوقت الذي مضى عليه بضع عشرات من ملايين السنين حيث كان جنسنا لم يصل بعد إلى مستوى الإنسان وكانت له في الحالة العادية فروة . عندما نتطور خلال أشهر الحمل الطويلة من البويضة الملقحة حتى الطفل القادر على الحياة «تعزف» عوامل التعطيل والتنشيط على علبة مفاتيح جيناتنا (أو على فهرس جيناتنا) لكي تمكنِّ نواتج انقسام البويضة الحاصل بتسلسل زمني معقد ومنسق من أن تأخذ الترتيب المكاني الصحيح بشكل تنتج معه جميع أنواع الخلايا الكثيرة المختلفة التي يتألف منها جسمنا .

إن هذه العوامل المجهولة التي «تعزف هذه المعزوفة» تتصرف في أثنائها كتلميذ المدرسة الذي يردد قصيدة من الشعر وكلما تلكأ يضطر إلى أن يعود إلى البداية وإلا فلا يستطيع المتابعة على الإطلاق . كذلك هو الأمر عند نشوئنا فلن تُضغط فوراً المفاتيح الجينية التي تعطي المقطع الأخير من المعزوفة ، أي التي تنتج فوراً جسماً بشرياً . وكأن هذا الأمر ـ كما هو الحال عند تلميذ المدرسة ـ لا يتم بنجاح إلا عندما تُعزف قبلئذ بسرعة جميع المقاطع الأخرى . هكذا يحصل الأمر معنا . إننا نمر في هذا الوقت من تطورنا الجنيني عبر جميع مخططات البناء الماضية لأسلافنا .

مما لا شك فيه أن هذا لا يحصل بدون فجوات ومع مراعاة جميع التفاصيل الدقيقة وإنما بسطحية وبسرعة . غير أننا على كل حال يكون لنا جميعنا ذنب في الأسابيع الأولى من الحمل ، ذنب يختفي قبل الولادة بمدة طويلة تاركاً أثراً واضحاً (العصعص) . كما انه يكون لنا في مرحلة عابرة غلاصم ، وهي تمثل ذكرى من سلسلة أسلافنا التي تؤدي عبر الحالة القردية ثم عبر نوع من القواضم إلى الحالة البرمائية وأخيراً إلى البحار الأولى . صحيح ان غلاصم الجنين البشري لا تتشكل إلا بشكل ابتدائي وعابر ولا تتطور إلى

الحد الذي تصبح فيه قادرة على العمل . غير ان ذكرى الجينات في هذا الموقع تعود بعيداً إلى الماضي السحيق لدرجة أن هذه الغلاصم الجنينية تكون محاطة بشبكة من الأوعية الدموية الدقيقة التي تقوم لدى سكان البحار بمهمة تخليص الماء المار عبر الغلاصم الأوكسجين الموجود فيه .

هناك ذكرى أخرى توثق تاريخ نشوئنا وهي الموقع الذي تتخذه عينانا في بداية وفي نهاية فترة الحمل . في المقطع الأول من هذه المرحلة التطورية تكونان على جانبي الرأس بما يتناسب مع مراحل تطورية حيوانية قديمة . ثم تنتقل بعدئذ في وقت لاحق من الفترة الجنينية إلى الأمام لكي تمكن الكائنات العليا وعلى الأخص الإنسان من الرؤية الفراغية الثلاثية الأبعاد .

من الطبيعي أننا لا نكون في أية لحظة من تطورنا الجنيني مثلاً سمكة أو نوع من الزواحف أو حيوان فروي أو ما شابه وإنما نكون انساناً خلال الصيرورة. أما أن نكون قد انحدرنا عن أصول حيوانية وأن تكون لنا صلات قربى مع جميع الحيوانات فهذه أمور تبرهن عليها هذه الذكريات لجيناتنا بصورة لا لبس فيها .

لكن مهما كانت هذه الذكريات الجنينية لدى الإنسان هامة فهي لا تفيد العلماء بأي شيء لأن التشكلات الأولية هنا سطحية إلى درجة لا يمكن معها تكوين أفكار حول الطريقة التي نفذ بها أسلافنا بيولوجياً الخروج من الماء إلى اليابسة . من حسن الحظ أن هذا الإرغام على التكرار المختصر ، الذي يكرر فيه الفرد خلال نشوئه تاريخ نشوء نوعه بكامله ـ على الأقل بصيغة أولية ـ لا يحصل لدى الإنسان وحده . بل يوجد من حسن الحظ بعض الحالات التي لم يزل يحصل فيها حتى اليوم هذا الانتقال من الحياة في الماء إلى الحياة على اليابسة بصورة ملموسة في إطار تطور الفرد الواحد .

أشهر مثال على ذلك هو الضفدع . يقضي هذا الحيوان ، كما نعلم جميعنا ، المرحلة الأولى من حياته كشرغوف سابح في الماء حتى يتحول بعد مدة محددة وراثياً تبلغ حوالي ١٢ إلى ١٥ شهراً إلى ضفدع كامل يعيش في البر . بناء على ذلك فإن كل ضفدع منفرد ينجز خلال سنة واحدة عمليات التحول التي احتاجت الطبيعة لإنجازها في حينها ما لا يقل عن ٥٠ أو ربما ١٠٠ مليون سنة . بعد أن نكون قد تعلمنا الدرس تسير الأمور بالطبع بصورة أسرع . تجيد جينات الضفدع تنفيذ المهمة بمهارة عالية إلى درجة أن هذا الحيوان يستطيع أن يعيد أمام أعين العلماء بالحركة السريعة جميع المشاهد التي حصلت آنذاك .

إذا ما تتبعنا الخطوات المنفردة لعملية التبدل البيولوجي التي تحوّل هنا أمام أعيننا هذا الحيوان من حيوان مائي إلى حيوان بري ، عندئذ تظهر لنا التشابهات مع التكنولوجيا الفضائية بصورة جلية لأن المشاكل المتشابهة تقود إلى حلول متشابهة بغض النظر عن المجال الذي تتعلق فيه .

يكمن أحد هذه الحلول بصورة واضحة في أن المسافر يأخذ معه ، بقدر ما هو ممكن ، الشروط البيولوجية الضرورية للبقاء إلى المكان الجديد الذي يذهب إليه . من المعلوم أن قسماً كبيراً من الجهود التكنولوجية المبذولة في بحوث الرحلات الفضائية يتركز على تأمين الشروط البيولوجية العادية (بالنسبة للإنسان) في المركبة المأهولة وفي مقدمة هذه الشروط وأهمها توفير الأوكسجين بصورة مستمرة .

إنه لأمر يهز المشاعر أن تفتح عيوننا دراسة التحولات التي يمر بها الضفدع خلال عملية صيرورته

على حقيقة أن الطبيعة قد اتبعت نفس الحل قبل مئات كثيرة من ملايين السنين . كذلك كان الأمر آنذاك حيث تبين أن أسهل طريقة لحل المشكلة هي أن يأخذ معه المغادر إلى اليابسة بكل بساطة المادة أو الوسط الذي نشأت فيه جميع أشكال الحياة ألا وهو الماء . كانت المقدمة الأولى لتحقيق ذلك هي تطوير جلد يمنع التبخر . إن الشرغوف يجف بسرعة كبيرة عند تعرضه للهواء الطلق . أما الضفدع فلا يتضايق من العيش معرضاً للهواء لأنه اكتسب خلال تحوله جلداً يحتفظ بماء جسمه كما تحتفظ الملابس الفضائية التي يرتديها رواد الفضاء على سطح القمر بالأوكسجين الضروري للحياة .

غير ان التصرف بهذا الماء القليل المحمول بهذه الطريقة إلى اليابسة يجب أن يكون مقتصداً إلى أقصى الحدود . على هذا الأساس تظهر مشكلة جديدة كانت تبدو وكأنها غير قابلة للحل هي مشكلة الإطراح . يستطيع الكائن المقيم في الماء أن يطرح نواتج التفكك الغذائي وغيرها من نفايات التمثل العضوي الأخرى فور نشوئها في جسمه . يتوفر لديه لتحقيق هذا الغرض كميات لا محدودة من الماء . غير أن مثل هذا الهدر للماء لم يعد مقبولاً على اليابسة . أين المخرج ؟

يتم التوصل إلى هذا المخرج في علوم الفضاء بواسطة ما يسمى «متابعة المعالجة» . من المعلوم أن الفنيين يعملون منذ زمن طويل على تطوير طرق لحل مشكلة النفايات في الرحلات الفضائية الطويلة . لا يتعلق الأمر لدى هذه النفايات المتشكلة في المركبة الفضائية المعزولة في الفضاء ببقايا الطعام والمواد المستهلكة الأخرى وحسب وإنما قبل كل شيء بما تطرحه أجسام الرواد من فضلات . هنا ايضاً لا يمكن الاستغناء عن الفضلات ورميها ببساطة «من النافذة» ، لأنها تحتوي على كثير من الماء الذي لا يمكن تعويضه . لذلك يفكر الفنيون في أن يركزوا قدر الامكان الفضلات التي يجب التخلص منها بأن يسحبوا منها قبل رميها خارجاً أكبر قدر ممكن من الماء ، الذي يستخدم ثانية بعد معالجته .

واجهت الطبيعة المهمة المماثلة بطريقة مشابهة غير أن وسائل الطبيعة كانت بيولوجية . الناتج النهائي (النفاية) النموذجي لدى تفكيك البروتينات من قبل الكائنات البحرية هو الأمونياك . أن تكون هذه المادة سامة فهذا أمر لا يقلق الشراغيف لأنها تطرحها فور نشوئها . أما الضفدع فلا يستطيع التمتع بهذا الرفاه . لذلك تنشأ لدى الشرغوف في أثناء عملية التحول انزيمات جديدة تقوم بـ«متابعة معالجة» الأمونياك : إنها تتابع تفكيكه إلى مادة البولة النموذجية لدى جميع الكائنات البرية تقريباً . هذه المادة لم تعد سامة ويمكن طرحها من وقت إلى آخر بتركيز عال نسبياً مع فقدان كميات قليلة من السوائل .

لقد تم لاحقاً تطوير هذا المبدأ ، مبدأ تركيز النواتج المطروحة المقتصد في استهلاك الماء إلى أقصى الحدود في كلية الكائنات ذات الحرارة الثابتة . إنها ليست مصادفة أن تكون كلانا بعد المخ هي الأعضاء التي تستهلك أكبر كمية من الأوكسجين ، وأن نشاهد تحت المجهر أن خلايا الكلية غنية بصورة خاصة بالجسيمات الكوندرية . إن العمل الذي تنجزه بلا توقف هائل .

تستقبل كلانا يومياً حوالي ١٥٠ ليتراً من «البول الأولي» الذي ينتقل من الدم إلى الكلية لتصفيته . نحتاج إذن إلى هذه الكمية الكبيرة من السوائل لكي نقوم بحل الفضلات المتشكلة يومياً في أجسامنا ولنقلها من الدورة الدموية إلى الكليتين . لنتصور ما تعنيه حاجتنا إلى هذه الكمية الكبيرة من السوائل .

غير أن كلانا لحسن الحظ تستطيع تركيز هذا البول الأولي عن طريق إعادة امتصاصه . أي إنها ، بتعبير أبسط ، تتمكن من تصفيته وتركيزه إلى درجة أن ٩٠ بالمائة من الماء الذي يحتويه يعود مرة أخرى إلى الدم . لهذا السبب نكتفي في النهاية بحوالي ليتر واحد من الماء يومياً لكي نتخلص من جميع فضلات التمثل العضوي السامة .

إن الحياة على اليابسة هي ، كما نرى ، مضنية ومكلفة . لذلك نطرح السؤال مرة أخرى : لماذا إذن خرجت الحياة من الماء ؟ كلما تعمقنا في التفكير بهذه المسألة ، كلما بدت لنا هذه الخطوة التطورية غامضة للوهلة الأولى . ألا يبدو هذا الأمر تماماً وكأنه يوجد في هذا المجال أيضاً تشابه مع الجهود التي نبذلها اليوم لهدف واحد وحيد ، لكي نزور أجراماً سماوية لا نستطيع العيش عليها إلا لفترات قصيرة جداً وتحت حماية تجهيزات تقنية باهظة التكاليف ؟

أليس من الصعب أيضاً في حالة البحوث الفضائية إيجاد جواب منطقي عقلاني على السؤال حول الهدف من كل هذه المشاريع ؟ أي إيجاد تعليل مقنع لهذا اللا تناسب بين التكاليف الهائلة برقم فلكي وبين محدودية ما يمكن تحقيقه عملياً في أحسن الأحوال ؟

إذا أردنا أن نفهم العلاقات القائمة هنا ونجد الأجوبة على تساؤلاتنا يتوجب علينا أولاً أن نتعرف على اختراع آخر قامت به الطبيعة الحية ترتب أيضاً على الخروج من الماء . إنه اختراع الحرارة الثابتة في الجسم . يستحق التعرف على هذا المبدأ الجديد تماماً وعلى خلفياته فصلاً مستقلاً ، لأن أسبابه ونتائجه هي أكثر أهمية مما قد يبدو للمرء في اللحظة الأولى .

* * *

القسم الرابع

اختراع الدم الدافيء ونشوء «الوعي»

١٨ـ ليالي الديناصور الساكنة

كان العيش في الماء مرفهاً إلى حد ما . كان الماء يحمل كل ما فيه من كائنات وهذا ليس بالمعنى الحرفي وحسب . كانت الحياة منذ البدء قد استسلمت لمحيطها وتركته يحملها وسارت بذلك الأمور على أحسن ما يرام . وكانت الخلايا ، ثم في وقت لاحق ، الكائنات الأعلى قد تكيفت برضى مع الشروط التي قدمها لها محيطها .

لم يكن ضوء الشمس منذ الأزل أو «بطبيعته» ملائماً للحياة . بل اضطرت الخلايا في البدء لأن تختبيء زمناً طويلاً في الأعماق هرباً من قوته المدمرة . لكن التكيف مع هذه الأشعة التي لا مفر من وجودها عكس في النهاية العلاقة العدائية إلى علاقة إيجابية . في اللحظة التي تعلمت فيها الحياة استغلال هذه القوة كمصدر للطاقة نشأ مقياس جديد : لم تعد الحياة تهرب أمام الضوء بل أصبحت تبحث عنه وتلاحقه . كنتيجة لذلك نشأت الآن تجهيزات حركية موجهة ضوئياً تمكن الحياة من استغلال كل مثقال ضئيل من ضوء الشمس .

حصلت نفس الحالة مع الأوكسجين الذي كانت الحياة قد أنتجته ووضعته في الغلاف الجوي عن غير قصد . نتجت عن ذلك كارثة مؤقتة راح ضحيتها عدد لا حصر له من أشكال الحياة التي كانت قد تكيفت مع خصائص محيطية أخرى . غير أن الحياة تمكنت في النهاية من التكيف مع هذا الخطر أيضاً . في هذه المرة أيضاً تم التكيف بمهارة ونجاح لدرجة أن الأوكسجين أصبح منذ الآن يشكل جزءاً لا غنى عنه في هواء التنفس .

كانت الأشكال التي تكيفت بواسطتها الحياة مع الخواص الفيزيائية لمحيطها السائل متعددة أيضاً . بما إنه على بعد قريب من الشاطيء يصبح الوصول إلى القاع غير ممكن فقد كانت أفضل طريقة لحل هذه المشكلة هي العوم بمطابقة الوزن النوعي للجسم مع الوزن النوعي للماء . لتحقيق هذا الهدف طورت

الحياة حويصلات تملأها بالغازات الخفيفة وفي مقدمتها الأوكسجين وتستطيع تنفيسها ونفخها كما تشاء . بذلك اخترعت أداة مدهشة للعوم والغطس : خزان هوائي قابل للتعيير حسب الحاجة مما يتيح العوم المريح في أعماق مختلفة .

من البديهي أنه كان يوجد أيضاً منذ البداية متخصصات قاعية ، أي أشكال تكيفت مع العيش على القاع ، على الأرض الصلبة . وكان يوجد أيضاً عدد من العائدين : حيوانات عادت إلى العيش عائمة في الماء بعد أن ملت العيش المتواصل في القاع لعدة ملايين من السنين . لم يزل بعض منها كالروخا مثلاً (الروخات نوع من أنواع سمك القرش) يعبر عن هذا التاريخ حتى اليوم ليس فقط بشكله المسطح الناتج عن التماس مع الأرض وإنما بوزنه الأثقل من الماء ، الأمر الذي يعتبر غير عادي بالنسبة للأسماك .

يعود السبب في ذلك إلى أن هذه السمكة تخلت عن حويصلاتها الهوائية خلال عيشها المتواصل لعدة ملايين من السنين على قاع البحر ، لأنها كانت بسبب قوتها الدافعة نحو الأعلى قد أصبحت مزعجة . عندما قرر سمك الروخا العودة إلى العوم في الماء توجب عليه تطوير طريقة تمكنه من التحرك في هذا الوسط بسهولة في جميع الإتجاهات .

يوجد في علم التطور قانون يسمى قانون دولو ـ نسبة إلى العالم البلجيكي دولو ـ يقول «إن العضو الذي تراجع نموه (ضمر) مرة ما خلال عملية التطور لا يتشكل مجدداً أبداً حتى ولو أدى تبدل الظروف إلى جعله لازما ومفيداً . لذلك تعلمت أسماك الروخا الطيران . إن هذه الحيوانات الغريبة تطير فعلاً تحت الماء بأن تستخدم الأطراف الخارجية لجسمها المسطح كأجنحة تحركها باستمرار بطريقة اهتزازية متلوية بحيث تنتقل الحركة على شكل موجة من الأمام إلى الخلف . لا شك أنه طيران بسرعة بطيئة لأن الماء أسمك من الهواء . لكن الروخا الذي يتوقف لحظة واحدة عن هز جسمه بالطريقة التي وصفناها يسقط فوراً إلى الأسفل .

بعد هذه المقدمات التاريخية وبعد مثل هذا النجاح في التكيف اللا مشروط سيكون من الطبيعي أن الحياة ستتابع بعد خروجها من الماء تطبيق نفس الوصفة . هنا أيضاً على اليابسة استخدمت الكائنات الحية النازحة إليها جميع قدرات التكيف المتوفرة لديها بأن خضعت للشروط السائدة الغريبة كي تحوِّل ، كما حصل في المرات السابقة ، الضار إلى نافع . ولقد نجحت هنا أيضاً بصورة مدهشة وبواسطة طرق استحق عليها المخترع «تطور» كل التقدير .

غير أن هذا الاستعداد إلى الخضوع اللا مشروط للظروف السائدة أدى على اليابسة إلى نتائج شديدة الغرابة . هنا وجدت الحياة نفسها لأول مرة في محيط تعتبر التأرجحات الحرارية من خصائصه الأساسية : تبدل حراري متواصل يحصل بإيقاع منتظم تبعاً لحلول الليل والنهار وينتقل من حار إلى بارد ومن بارد إلى حار بدون توقف .

من البديهي أن هذه التأرجحات شملت سكان الأرض الجدد أيضاً . لكن هذا لم يكن يعني سوى أن نشاطها بدأ ينخفض ليلاً ، عندما تغيب الشمس وتبدأ الأرض بالتبرد ، حتى يصل أخيراً إلى أن الحيوانات تدخل في حالة اللا وعي بسبب الشلل الناتج عن البرد . من الممكن أن تكون الأمور في المناطق

الاستوائية وفي الفصول الدافئة لم تصل في كل ليل إلى هذه الحالة المتطرفة . غير أن شدة الحيوية كانت حتى في هذه المناطق متبدلة . أما في المناطق البعيدة عن خط الاستواء نحو الشمال والجنوب فكانت الحياة «تتوقف» بتواتر متكرر كل ١٢ ساعة بسبب البرد في الليل .

كانت الحياة تنطفيء هنا كل مساء . كان سكون المقابر يغمر غابات العظائيات كل ليل . كان الصياد يتوقف عن الصيد وكانت الفريسة تتوقف عن الهرب وكان الجائع يتوقف عن الأكل . بعد ذلك وفي صباح اليوم التالي عندما تظهر الشمس على قبة السماء ينتهي وقت «منع التجول» . لم نزل حتى اليوم نلاحظ هذه الحالة لدى الضب والسمندل وغيرها . يعود السبب في ذلك ، كما نعلم جميعنا ، إلى أن هذه الحيوانات «باردة الدم» .

نود أن نشير بهذه المناسبة إلى أن هذا التعبير خاطىء من أساسه ويصعِّب بصورة لا لزوم لها فهم الطبيعة الحقيقية لهذه الظاهرة . إن هذه الحيوانات هي في الواقع ليست باردة بل إنها عديمة الحرارة الذاتية وهذه هي النقطة الحاسمة . إنها تكتسب ببساطة وبسلبية ـ كتعبير عن خضوعها التقليدي لشروط المحيط ـ الحرارة السائدة في محيطها . لذلك فإن التعبير العلمي «متبدلة الحرارة» يعبر بصورة أفضل عن الواقع . (يتعلق هذا المقطع بطريقة تعبير شائعة في اللغة الألمانية وقد لا ينطبق على اللغة العربية ـ المترجم) .

خلال مليارات السنين التي قضتها الحياة في الماء ظلت هذه المسألة بلا نتائج ملموسة لأن ثبات الحرارة المريح كان واحداً من خصائص النعيم الذي كان قائماً هناك . أما الآن فقد مضى هذا النعيم . ولذلك خضعت جميع أنواع الحياة في هذا المحيط الجديد دفعة واحدة إلى تبدل يومي من حالة النشاط إلى حالة الشلل ، أو الموت الظاهري .

خلال الحقبة الزمنية الطويلة التي امتدت من لحظة خروج البرمائيات الأولى من الماء وحتى نهاية عصر العظائيات أرغمت الأرض بسبب دورانها جميع الكائنات الحية الموجودة على القارات على الخضوع لهذا الإيقاع . كان كل هذا بدون أي معنى وبدون أية ميزة بيولوجية ولم تكن له أية فائدة بالنسبة للتقدم التطوري . كان ببساطة نتيجة حتمية لحقيقة أن سرعة جميع التفاعلات الكيميائية تتناقص مع انخفاض درجة الحرارة حتى يصبح التمثل العضوي الفعال تحت حد معين من الحرارة غير ممكن بسبب البطء الشديد في حصول التفاعلات . ظلت الأمور على اليابسة على هذا المنوال ٣٠٠ مليون سنة .

هل هذا هو السبب الذي يجعلنا ننعس كل مساء ؟ لم يتمكن البيولوجيون حتى اليوم رغم كل الجهود المبذولة من إيجاد سبب واضح أو تعليل مقنع لكوننا نضطر إلى النوم كل يوم . حسب معارفنا الحالية لا توجد ضرورة بيولوجية للنوم . أليس ملفتاً للإنتباه أن الكائنات البحرية لا تنام ؟ طالما أننا ، مع جميع الكائنات الحية البرية الكثيرة الأخرى ، نستغرق كل ليل في نوم عميق نفقد فيه وعينا فقد يكون هذا ذكرى لمورثاتنا (لجيناتنا) عن الطريقة الغريبة التي كانت العظائيات مرغمة على قضاء لياليها فيها . إن عادة استمرت ٣٠٠ مليون سنة لا تموت بهذه السرعة .

من كل هذه العصور الطويلة من الزمن لم «تدرك» تلك الحيوانات البرية إذن سوى النصف ، لأنها

كانت خلال النصف الثاني ترقد في حالة اللا وعي . من المرجح أن هذا لم يكن ضاراً . ولو كان الأمر غير ذلك لما تحمل التطور هذا الإيقاع الغريب كل هذه المدة الطويلة . صحيح أن جميع تلك الكائنات كانت تصبح لوقت معين مشلولة الحركة ، لكن هذه الحالة كانت تنطبق عليها جميعها ولذلك لم يشكل أي منها خطراً على الآخر خلال هذا الوقت . لم يكن أي منها متميزاً أو متضرراً . كان الشلل يشمل الجميع في آن واحد .

غير أن هذا الوضع تغير فجأة عندما ظهرت في نهاية تلك الحقبة كائنات جديدة فقارية كانت صدفة التطفر قد منحتها خاصية انقلابية جديدة ترتبت عليها تبعات حاسمة . أدت انزيمات جديدة ما أو دارة قصيرة ما في جسمها إلى أنها أخذت تحرق الغذاء ، الذي تلتهمه والمولد للطاقة ، بسرعة أكبر من اللازم . تحولت الطاقة الفائضة ، أي الطاقة التي لم يستهلكها نشاط هذه الحيوانات ، بالضرورة إلى حرارة وبدأت تسخن أجسامها .

على هذا المثال نستطيع أن نتعرف جيداً مرة أخرى على الطابع الكيفي اللاّموجه للطفرات ، أي على طبيعة المادة التي يعتمد عليها التطور في اختراعاته . نصادف هنا إذن حرقاً لكمية زائدة من الغذاء ، وهذا أمر يبدو للوهلة الأولى بكل بداهة في منتهى اللا عقلانية . إنه يظهر وكأنه «طفرة سلبية» ذات نتائج ضارة (مخفضة لفرص البقاء) . نستطيع بالتأكيد أن نفترض أيضاً أن هذه الطفرات وغيرها من طفرات مشابهة قد حصلت قبل ذلك مراراً وتكراراً لكن الاصطفاء رفضها على أنها ضارة . في الواقع العملي سارت الأمور بعد ذلك بشكل أن الحيوانات التي أصابتها الطفرة أصبحت بحاجة إلى كميات أكبر من الغذاء وبالتالي أقل قدرة على المنافسة وكانت بالتالي أقل نجاحاً في تكاثرها وفي تربية صغارها . لهذا السبب يجب أن يكون هذا النموذج قد انقرض بعد عدد قليل من الأجيال .

غير أن الحكم على الطفرة ، عما إذا كانت مفيدة أم ضارة ، عما إذا كانت تفيد المصاب بها أم تضره ، هذا أمر يقرره في نهاية المطاف المحيط . لقد منحت عملية حرق كميات زائدة من الغذاء ، التي بدت للوهلة الأولى عديمة المعنى ، بعد دعمها ببعض الظروف الأخرى ، عالم العظائيات وغيرها من الزواحف الأخرى ميزة هائلة . لقد قضى تسخين الجسم الناتج عنها على الشلل الليلي الذي كان يصيب جميع الكائنات الحية البرية منذ أزمان طويلة . ليس من الصعب أن نحزر النتائج التي ترتبت على هذا التبدل .

ما من شخص إلا وتخيل مرة ، أو يستطيع أن يتخيل ، كيف ستكون الأمور لو غرق العالم بكامله في شلل شامل ، أي لو توقف الزمن وكان هو وحده يقظاً ومتحركاً . عندئذ ستكون الشوارع والبيوت مليئة «بالتماثيل الحية» : بشر تجمدوا في الوضعية التي هاجمهم النوم فيها لا حول لهم ولا قوة . إن تكرار هذه الصور دائماً في الأساطير والملاحم التي أبدعها العقل البشري يؤكد عمق جذور مثل هذه التخيلات في أذهاننا .

لقد أصبح هذا الوضع الأسطوري بالنسبة لثابتات الحرارة الأولى في تاريخ الأرض آنذاك فجأة حقيقة واقعة . كانت تلك الحيوانات المحظوظة ، كما نعتقد اليوم ، نوعاً من الثدييات يشبه الفأر ذا فك

تتميز ذي قواطع بارزة . قام عالم المستحاثات الألماني والتركوني مؤخراً بغربلة أسنانها الصغيرة (بطول ١ مم تقريباً) بصبر وحذر من بين أطنان من الرمال الصحراوية حيث كانت موجودة بين عظام الديناصور ولم ينتبه أحد إليها بسبب صغرها .

فتح الخلل الطارىء على التمثل العضوي لهذه القزيمات أمامها فجأة بعداً جديداً : الليل . لقد مكنتها حرارة جسمها من الدخول في عالم كان حتى الآن مغلقاً في وجه الحياة . يستطيع المرء أن يتصور كيف كان هؤلاء الصبية الصغار يتجمعون في الليالي المقمرة حول تلك الحيوانات العملاقة الواقفة كالتماثيل لا حراك لها والتي كانت قد سيطرت على الأرض بلا منازع لزمن طويل وكيف كانوا يقهقهون ويرغطون وهم يراقبونها . بذلك كان عصر سيادة العمالقة قد ولى .

لم يتأكد بعد عما إذا كانت هذه الفئيرات «الدافئة الدم» الأولى قد شاركت فعلاً بصورة مباشرة وفعالة في انقراض العظائيات الذي حصل بعد ذلك بوقت قصير . لكن الاحتمال وارد ومعقول لأن ما من أحد كان سيستطيع منعها من التهام بيوض العظائيات التي ستكون فريسة سهلة في فترة الشلل الليلي . لكن وحتى لو لم تكن توجد علاقة مباشرة ملموسة يبقى مقنعاً أن الوضع الجديد سينهي سيادة الحجم الخالص .

سيصبح هنا أيضاً فهم الطبيعة الحقيقية للتقدم أيسر ،فيما لو انطلقنا من التعبير العلمي وليس من التعبير الشائع . إن تعبير «دافىء الدم» لا يعبر عن الواقع بصورة صحيحة ، لأن «دافىء» هو مفهوم نسبي . بالنسبة للجليد كانت العظائيات دافئة ايضاً . لذلك فإن التعبير الصحيح هو «ثابت الحرارة» وهذا هو الأمر الحاسم . (نشير مرة أخرى إلى أن الشرح هنا يتعلق بطريقة تعبير شائعة في اللغة الألمانية ـ المترجم) . لم تتحقق هذه الحالة بالتأكيد دفعة واحدة . لا بد أن حرارة جسم الأجيال الأولى من ثابتات الحرارة كانت تتأرجح كما هو الأمر حتى اليوم لدى بعض الثدييات البدائية (مثلاً الحيوانات الجريبية ـ التي لها جراب أو كيس ـ الاسترالية) .

كانت النقطة الحاسمة إذن في مجمل الموضوع هي القدرة على المحافظة على حرارة ذاتية ثابتة للجسم . صحيح أن هذا الوضع يكلف مزيداً من الطاقة لكن الأوكسجين الذي اصبح الآن متوفراً بغزارة كان يؤمن هذه الطاقة بمقادير كافية وكان ، فوق ذلك ، مردود هذه الكلفة الزائدة عالياً . لأول مرة بعد ٣٠٠ مليون سنة أصبحت الحياة في صدد التحرر من نير الخضوع للتقلبات الحرارية في محيطها .

سيتبين لنا أن أهمية هذه القدرة الجديدة هي أكبر بكثير مما تبدو عليه للوهلة الأولى . إن الحرارة الثابتة لا تسلِّم الكائن الحي مفاتيح الليل وحسب بل إن الأبواب التي تفتحها أوسع من ذلك بكثير . إن اختراع الدم الدافىء يلعب في تاريخ الحياة الأرضية دور حدث مهم بإتجاه الاستقلال . لقد بدأت الحياة تتخلص من تبعيتها للمحيط ، أي أخذت «تستقل» عن محيطها . لقد حدث وكأنها قد رفضت بعد الآن أن تخضع ببساطة وبسلبية إلى جميع التغيرات التي تحصل في محيطها .

سوف لن تظهر لنا الأهمية الانقلابية لهذه الخطوة بصورة كاملة إلا بعد ان نستعرض النتائج التي ترتبت عليها . لقد سبق ورأينا على بعض الأمثلة أن لدى الطبيعة على ما يبدو ميولاً تكرِّرها على مستويات

مختلفة من التطور . ينشأ دائماً لدى هذا التكرار «شيء جديد» غالباً غير منظور مسبقاً لدرجة أنه ليس من السهل الاكتشاف أن الأمر يتعلق بتكرار لمبدأ سبق وظهر بشكل آخر في مرحلة أسبق .

واحد من هذه المبادىء التي تعرفنا عليها هو مبدأ الميل إلى «الإتحاد التعاوني» ، أي المبدأ التطوري الذي يقوم على جمع الوحدات الأساسية الموجودة في مرحلة تطورية قائمة وتركيب وحدات جديدة منها تشكل المواد الأولية لمرحلة تالية أعلى .

هذا ما حصل لدى تجمع ذرات الهيدروجين مشكلة النجوم التي تشكلت فيها العناصر الأساسية عن طريق إتحاد نوى ذرات الهيدروجين ، ومن إتحاد هذه العناصر تشكلت الروابط الكيميائية التي تعقدت عبر اتحادات متتالية مشكلة مختلف المواد والمركبات . ومن الخلايا البدئية المتخصصة العديمة النواة تشكلت ، عن طريق الاتحاد التعاوني ، خلايا أعلى مجهزة بعضيات شكلت بدورها متعضيات كثيرة الخلايا قادرة على الحياة كوحدة منفردة مستقلة . يستطيع المرء في الواقع بواسطة تأثيرات هذا الميل إلى «الإتحاد التعاوني» أن يروي كامل التاريخ الذي سار بتواصل لا انقطاع فيه من ذرة الهيدروجين إلى الكائن البشري ، إلينا أنفسنا .

غير أن هذا الميل هو ليس الميل الوحيد الموجود في الطبيعة . تكمن الأهمية الكبرى في اختراع الدم الدافىء بالنسبة لتسلسل أفكارنا في أنها تنبهنا إلى ميل آخر لدى التاريخ ، إلى ميل أصبحنا الآن لاحقاً قادرين على اكتشاف وجوده وتأثيراته في مراحل أسبق من مراحل التطور وإن كانت هذه التأثيرات هناك أقل بروزاً . إنه الميل إلى تحقيق الذات المستقلة ، إلى وضع الحدود المتميزة ، إلى الاستقلال عن المحيط .

نستطيع ، إذا ما أردنا ، أن نلاحظ هذا الميل في شكله العام حتى في المراحل الأولى من التطور اللا عضوي . نلاحظه مثلاً هناك في الأجرام السماوية الكثيرة الأولى التي تشكلت جميعها بسبب التجاذب من غيمة متجانسة من الهيدروجين وبدأت تتكثف وتستقل بحيث أصبح لكل منها منذ الآن تاريخ خاص بها . كما نلاحظه أيضاً في نشوء عدد قليل من الروابط الكيميائية الأولى على سطح الأرض الفتية نتيجة لبعض الظروف المتميزة (مؤثر يوري مثلاً) ، التي بدأت تنفصل عن الفوضى الشاملة السائدة في الخليطة الكيفية لجميع الجزيئات الأخرى لكي تنتج لاحقاً البنى الحية الأولى .

يبرز هذا المبدأ بصورة خاصة وجلية عند تشكل الخلية . إن الخلية هي بالمعنى العميق التجسيد الخالص لهذا المبدأ من الاستقلال عن المحيط . كما إن الحياة ، كما يؤكد مثال الخلية ، غير ممكنة على الإطلاق بدون هذه الاستقلالية ، أي بدون رسم الحدود الواضحة المتميزة حولها . يؤكد عزل مجموعة البروتينات النووية د ن س بواسطة الغشاء النصف نفوذ الذي يمثل الخطوة الأولى نحو الخلية ، يؤكد حقيقة لا جدال فيها وهي أن فقط المنظومات المغلقة (نسبياً) قادرة على الحياة ، لأن التمثل العضوي النظامي ، لأسباب لسنا بحاجة إلى ذكرها ، ليس ممكناً إلا إذا كانت العمليات الكيميائية التي يتألف منها معزولة عن التأثيرات المباشرة للعمليات التي تحصل في محيطها .

على هذا الأساس وقفت الحياة منذ اللحظة الأولى في مجابهة معينة مع المحيط مما جعلها تسعى إلى الاستقلال عنه كي تتمكن من بناء ذاتها معتمدة على نفسها . غير أن هذا الانفصال المبدأي الضروري

يجعل من الضروري أيضاً إقامة قنوات إتصال ثانوية خاضعة للتحكم تتيح التصرف الحر والإختيار دون أن تحد بأشكال جديدة من التبعية من الدرجة الاستقلالية المتحققة بعد جهود مضنية . من هنا نشأت الحواس الموجودة حتى لدى أبسط الكائنات الحية «المتحسسة بالإثارات» لكي تقيم نوعاً من الإتصال المقنن اللازم مع المحيط . فقط عندما نراعي هذه الناحية تصبح وظائف الحواس مفهومة .

أود هنا أن أعبر عن الاعتقاد أننا لا نستطيع فهم سبب «الخروج من الماء» ، أي السبب الذي جعل الحياة تقوم بالانتقال الشاق والمليء بالمخاطر من الماء إلى اليابسة ، إلا عندما ننظر إلى هذه الخطوة على انها تعبير عن نفس الميل في مرحلة أعلى من مراحل التطور . من هذا المنطلق يصبح معقولاً ما بدا لنا غير منطقي وغير هادف . لأننا إذا ما انطلقنا من هذه الفرضية نستطيع ان نقتنع أن الوضع المريح للحياة في الماء هو الذي يجب أن يكون قد أدى إلى هذه الخطوة .

إن الأوضاع الجنانية المتنعمة ما هي إلا الظروف التي تكون فيها الذات منسجمة انسجاماً تاماً مع شروط المحيط . وهذا هو دائماً من الاطمئنان الذي يستسلم فيه الفرد بسلبية إلى محيطه بحيث يترك نفسه محمولاً بايقاعاته . من هذا المنظار يزول العجب من الحنين الأبدي إلى الماضي ، من أن الحياة في الماضي كانت أكثر رغداً واكثر نعيماً . إنها ذكرى عن مرحلة بدائية من التطور حيث كان الفرد في غنى عن أن يبذل الجهد كي يحمل ذاته وكي يمسك زمام أقداره بيده .

من الطبيعي انني أعرف كغيري أنه لم يكن يوجد آنذاك ، في زمن المحاولات الأولى للخروج إلى اليابسة ، هناك في الخارج (على اليابسة) أي منافسين : ما من أحد يستطيع أن ينكر أن هذه الحالة كانت تعني ميزة لا تقدر بثمن بالنسبة للبرمائيات والأسماك الرئوية الأولى . لقد كانت أيضاً بحاجة ماسة إليها . لكن التجربة رغم ذلك كانت خطيرة بما فيه الكفاية . إن ما أجادل فيه هو أن يكون ممكناً تقديم البرهان على أن انعدام المنافسة (الذي كان في كل الأحوال لمرحلة عابرة فقط) يكفي للقول إنه وحده كميزة يعادل جميع الأخطار والعناءات والجهود الهائلة اللازمة لتعديل عدد كبير من التصاميم والتجهيزات البيولوجية التي تطلبها هذا الانتقال .

إن ما بدا للّحظة الأولى عديم المعنى وغير هادف يظهر بعدئذ بصورة خاصة من منظور مختلف تماماً عندما نأخذ الخطوات اللاحقة بعين الاعتبار . في هذه المرة أيضاً نتجت عن الطرد من الجنة القدرة على اكتساب المعرفة . لسنا بحاجة إلى التعليل بأن الحياة في الماء لم تكن لتؤدي أبداً إلى اختراع الدم الدافيء . إن طفرة أدت إلى حرق غير عقلاني للغذاء وبالتالي إلى فائض حراري كان سيتم اصطفاءها في هذا الوسط حتماً وبدون استثناء على أنها ضارة . وهكذا فإن الحرارة الثابتة ، أي الخطوة إلى المحافظة على حرارة ذاتية ثابتة للجسم ، هي من المنظور التاريخي نتيجة لاحتلال اليابسة بما فيها من تقلبات حرارية متكررة تسببها عوامل كونية مختلفة .

غير أن هذا الثبات الحراري هو بدوره مقدمة لا غنى عنها لتحقيق مبدأ الاستقلال ، «الانفصال» ، على مستوى أعلى ، أو على أعلى مستوى بلغة التطور ـ على الأرض على الأقل ـ حتى الآن على الاطلاق : إن ثبات الحرارة الذاتية للجسم هو مقدمة أساسية لتطوير القدرة على التجريد ، التي تمثل الشكل الأقصى

لـ «الاستقلال عن المحيط» ، الذي جعل النظرة الموضوعية إلى هذا المحيط ممكنة .

لا نحتاج لكي نفهم هذه العلاقة إلا أن نفكر قليلاً بمقدار التراجع الذي يصيب قدرتنا على تقدير الزمن عندما نصاب بحمى مرضية ، أي عندما نعاني من «حرارة مرتفعة» . إن تقدير الزمن الموضوعي الذي يستغرقه حَدَثٌ في محيطنا يتطلب ثبات الشروط «الداخلية» لدينا كـ «أساس للقياس» . غير أن هذا الثبات ليس ممكناً إلا إذا كانت المتعضية الحية مستقلة . طالما كانت العمليات الحاصلة في محيط المتعضية تنعكس على المتعضية معاناة وآلاماً كان «الإدراك الموضوعي» غير ممكن . بمقياس يخضع هو نفسه لتقلبات الحرارة لا نستطيع أن نتبين تقلبات الحرارة في المحيط ولا نستطيع قياسها بأي حال .

لهذا السبب يعتبر ثبات الحرارة الذاتية واحداً من الشروط الأساسية الجوهرية للقدرة على التعامل الموضوعي مع العالم الذي يتحقق (التعامل) بشكله الأعلى في مرحلة القدرة على التجريد . من هذا المنظور يتضح لنا أنها ليست مصادفة أن يتواجد المركز الذي ينظم حرارة جسمنا في أقدم جزء من دماغنا .

ينطبق هذا أيضاً على نظام تحكم آخر موجود لدى المتعضيات الأعلى يؤكد تاريخ تطوره هذه العلاقات بصورة واضحة أيضاً. بما أن تاريخه يُبرر بوضوح مبدأ الاستقلالية المتنامية ، أي التمايز الإنفصالي ، عن المحيط بخطوات ملموسة متتالية فإنه يستطيع أن يؤيد الفرضية المطروحة هنا بصورة مقنعة . إنه يتعلق بتاريخ الحكاية الاسطورية المثيرة ، حكاية «العين الثالثة» . تحتوي هذه الحكاية أيضاً ، شأنها شأن جميع الأساطير الأخرى ، على شيء من الحقيقة . لقد وُجدت العين الثالثة فعلاً وهي لم تزل موجودة حتى اليوم لدى بعض الحيوانات في شكل متحول جزئياً . لكنه لم يكن لهذه العين في أي وقت أية علاقة مع أية قوى فوق طبيعية . بل كانت وظيفتها في الأصل إقامة علاقة مع المحيط .

إن قدم هذه العلاقة هو بدون شك السبب في أن هذا العضو لم يوجد إلا لدى الأسماك والبرمائيات و الزواحف ، ولم يزل يوجد في بعض الحالات حتى اليوم . منذ الانتقال إلى ثابتات الحرارة ، أي إلى الثدييات والطيور ، لم تعد هذه العين موجودة . غير أنها لم تختف ببساطة لدى هذه العائلات الحيوانية وإنما تحولت وتابعت تطورها بطريقة مثيرة وغنية بالعبر .

لقد نبَّه العالم الألماني كارل فون فريش قبل عشرات السنين إلى الثقوب أو القنوات الغريبة المتميزة التي كانت موجودة في سقف الجمجمة لزواحف منقرضة . كان وضعها وشكلها يدفعان إلى الظن انها كانت في حياة هذه الحيوانات تحتوي عضواً يشبه العين كان قريباً من الدماغ وكان متجهاً نحو الأعلى ، أي نحو السماء .

لم يتمكن العلماء آنذاك أن يجدوا وظائف محتملة لعين في هذا الموقع من الجمجمة . غير أنهم بعد ما تنبهوا إلى وجودها وبدأوا التعمق في البحث اكتشفوا بسرعة أنها لم تزل موجودة أيضاً لدى بعض أنواع الزواحف التي لم تزل تعيش حتى اليوم .

لا يمكن رؤية هذه «العين القحفية لدى هذه الحيوانات من الخارج إلا بعد تدقيق النظر أو بواسطة عدسة مكبرة حيث تظهر كحويصلة صغيرة فاتحة اللون في أعلى سطح الجمجمة . أما إذا ما درس المرء تركيبها تحت المجهر يكتشف أن هذا البروز الصغير هو عين صغيرة بدائية : عبارة عن حويصلة فارغة

فقاعية الشكل سطحها العلوي شفاف وبارز قليلاً فوق سطح القحف وأرضيتها مؤلفة من خلايا حساسة بالضوء تخرج منها ألياف عصبية تصل إلى الدماغ . صغيرة وبدائية التركيب لكنها بدون شك عين .

ماذا يستطيع المرء أن يرى بعين تنظر دائماً متجمدة نحو الأعلى ؟ الجواب في منتهى البساطة : الشمس . إن العين القحفية للزواحف هي مجرد «مستقبلة ضوئية» متطورة . إن الرؤية بالمعنى الحقيقي للكلمة غير ممكن بواسطتها وغير مطلوبة أيضاً . غير أن بناءها يتيح بصورة رائعة التعرف على الطريق الذي سلكه التطور منطلقاً منها إلى «الرؤية» الحقيقية .

إن العين القحفية المتجهة نحو السماء توجه لدى الزواحف النشاط المتبدل تبعاً لإيقاع تتابع النهار والليل . هذا يعني أن هذه الحيوانات المتبدلة الحرارة قد توصلت على أي حال إلى انها لم تكتف من حرارة محيطها بمجرد الإستفادة في تسخين جسمها . بل إن تمثلها العضوي يتراجع اوتوماتيكياً فور ما يعطي المتحسس الضوئي في قحف رأسها الإشارة بأن الشمس تميل إلى المغيب ، أي إن الليل يقترب مما ينذر بالتالي باقتراب حصول تبرد لا مفر منه يحد على أي حال من متابعة النشاط بفعالية عالية .

قد تُنبِّه هذه الإشارة الضوئية ، علاوة على ذلك ، الى حلول موعد العودة الى المأوى ، أي تدفع الى القيام برد فعل يؤدي الى وقاية الحيوان من خطر السقوط في حالة الشلل الليلي قبل أن يتمكن من الوصول الى مخبأ يدفع عنه خطر أعدائه . هناك بعض العلماء الذين يظنون فوق هذا أن هذا العضو يدفع الى البحث الغريزي عن موقع مظلَّل عندما تشتد حرارة الشمس الى درجة قد تجعل الحيوان يسخن أكثر من اللازم .

إن التبدلات التي طرأت على هذا العضو خلال عملية التطور الطويلة معبرة بصورة فائقة الأهمية . لقد اكتشفت هذه التغيرات في السنين العشر الأخيرة لدى العديد من الأسماك . لم يعد لها هنا شبه مع العين . (يتوجب عند المقارنة أن نأخذ بعين الاعتبار أن السمكة الحالية تمثل متعضية أكثر تطوراً في كثير من الجوانب قياساً على الضب ، وإن كان نوعها قد بقي في الماء) .

يتعلق الأمر لدى الأسماك أيضاً بفقاعة صغيرة . غير أن جدارها لم يعد يتألف من خلايا تحسسية وإنما من خلايا غددية يوجد بينها عدد قليل فقط من الخلايا المنفردة المتحسسة بالضوء . علاوة على ذلك فقد نمى لدى الأسماك عظم الجمجمة وانغلق فوق هذا العضو . لكن هذه الحبيبة اللونية ضمرت بالضبط في هذا الموقع من السطح الخارجي بحيث تشكلت نقطة قحفية فاتحة اللون تسمح للضوء اختراقها .

لقد تمت البرهنة أيضاً بواسطة العديد من التجارب على أن هذا التشكل الغددي لم يزل يتأثر بالضوء . يؤدي تسليط الضوء عليه لدى أنواع معينة من الأسماك الى تغير لون السطح الخارجي للجلد بشكل يتطابق فيه مع مظهر المحيط . أن يكون هذا الرد التمويهي صادراً عن العين القحفية المتحولة الى ما يشبه الغدة ، هذا ما برهنت عليه التجارب التي أجريت على أسماك عمياء . علاوة على ذلك هناك افتراضات بأن الأمر هنا أيضاً يتعلق بتكييف نشاطات هذه الحيوانات بواسطة الإشارات الضوئية التي تستقبلها هذه الفقيعة الصغيرة تبعاً لدرجة الإضاءة الناتجة عن تبدل الأوقات والفصول .

إن هذا العضو موجود لدى الإنسان أيضاً . غير أنه لم يعد له هنا أي شيء مشترك مع العين ، بل

تحول نهائياً الى غدة . تشير الدراسات التشريحية والتاريخية التطورية بما لا يدع مجالاً للشك الى أن غدتنا النخامية قد تطورت خلال ملايين السنين عن العين القحفية للأسماك والزواحف . تؤيد المقارنة بين الوظائف هذه القرابة بصورة مقنعة .

صحيح أن وظيفة الغدة النخامية لم تتضح فعلياً بعد في كثير من النقاط . غير أنه من المؤكد أن هذا العضو لم يزل يقوم لدينا أيضاً بوظيفة توجيه الإيقاعات الزمنية البعيدة المدى لجسمنا . لكن الأمر لدينا لم يعد يتعلق بإيقاعات تثيرها تغيرات المحيط يتوجب على جسمنا التكيف معها . بل إن ما توجهه الغدة النخامية على ما يبدو هو الإيقاعات الداخلية المتعلقة بالنمو والبلوغ والشيخان . يمكن مثلاً أن تؤدي التهابات أو تورمات في هذه الغدة الى البلوغ المبكر . لقد بقي إذن لهذا العضو في الصيغة التي صار عليها لدى الإنسان وظيفة التنظيم الزمني (تحديد التوقيت) لعمليات جسمية معينة . غير أن إشارات التوجيه لم تعد هنا تأتي من العالم الخارجي وإنما من داخل جسمنا ذاته .

عندما نجري مقارنة بين العين القحفية لدى الزواحف وبين الغدة النخامية لدى الانسان وعندما نستعرض ، على ضوء الوضع الانتقالي الذي اتخذه نفس العضو لدى الأسماك المتطورة ، التطور الذي يربط تاريخياً بين الحالتين ، عندئذ نجد أمامنا مثالاً ملموساً على الميل الى الاستقلال عن المحيط : لقد رُبطت الزواحف سلبياً بواسطة عينها القحفية مع التغيرات الحاصلة دورياً في محيطها كما وكأن هذه العين تمثل حبلاً للقطر . إنها تستمد نظام توقيتها الداخلي ببساطة من المحيط . على الطريق الى الانسان تنغلق هذه النافذة على العالم الخارجي . لقد انقطع حبل القطر . لقد حافظ هذا العضو حقاً على وظيفته في تنسيق توقيت التطورات الجسمية لكن مصدر النبضات الموجِّهة أصبح الآن في الجسم ذاته .

قد تكون الفتحات الموجودة بين مفاصل الجمجمة لدى الرضيع هي أيضاً ذكرى لجيناتنا عن ذاك الزمن الواقع بعيداً في الماضي السحيق والذي كانت فيه غدتنا النخامية لدى أسلافنا الأوائل لم تزل عبارة عن متحسس للضوء ، أي عضواً يتمكن الضوء من الوصول اليه . أما اليوم فقد أصبح بحق دلالة على النضج عندما تنغلق هذه النوافذ في جمجمة الانسان الفتي نهائياً وفي وقت مبكر .

١٩. برامج من العصر الحجري

يستطيع الطبيب أن يخدر المريض ، أي أن يجعله يفقد الوعي والإحساس دون أن يموت ، فقط لأن الأجزاء المختلفة من دماغنا تتحسس التأثير الشللي للمادة المخدرة بدرجات متفاوتة . لذلك كان التخدير التقليدي القديم عن طريق استنشاق الأثير يحصل على مراحل محددة متتالية ، الأمر الذي يستطيع أن يؤكده كل من كان سيء الحظ وخُدِّر بهذه الطريقة التي مر عليها الزمن .

يحصل التخدير الكلاسيكي على مراحل نتيجة للقاعدة التي تنطبق على الدماغ أيضاً والقائلة إن الأدوات أو الأجهزة الجديدة و«الحديثة» وبالتالي الأكثر تطوراً تكون معرضة للتعطل أكثر من تلك القديمة الأقل تعقيداً وبالتالي الأكثر تحملاً للصدمات . (إن صاروخاً حديثاً من طراز ساتورن أكثر تعرضاً للتعطل والخلل بسبب المؤثرات الخارجية من سيارة مرسيدس عادية من طراز قديم) .

في حالة الشلل الاصطناعي للدماغ عن طريق التخدير يحصل التأثير بشكل أن أول ما يغيب هو الوعي . وهذه هي بدون شك الوظيفة الحديثة والأخيرة التي اكتسبها هذا العضو المعقد خلال عملية التطور التاريخي . ليس هناك إذن ما يبعث على العجب أن يكون الجزء الذي يؤدي هذه الوظيفة أقل الأجزاء قدرة على المقاومة لتأثير المادة المخدرة .

كان الاحساس الأخير الذي يحل لدى المريض ، المخدَّر بالطريقة القديمة ، قبل أن يفقد الوعي هو الشعور بالخوف الشديد أو الدخول في حالة من الذعر . ولذلك يبدأ فور دخوله في حالة فقدان الوعي بالتخبيط والتلبيط وفي بعض الظروف بالصراخ بصوت عال . هذه المرحلة الهيستيرية هي السبب الذي يجعل الطبيب يربط ذراعي ورجلي المريض قبل البدء بالتخدير .

إن المريض ذاته لا يلاحظ أي شيء من غضبه الوحشي لأن وعيه يكون قد غاب وبالتالي قدرته على الحكم على الهدف من الوضع الذي هو فيه . إن مخه ، أي الجزء الأعلى وفي نفس الوقت الأكبر من الدماغ

البشري ، يكون مشلولاً . في هذه «الحالة الطارئة» يتسلم القيادة المقطع التالي الأدنى من الدماغ : المخيخ . المخيخ هو جزء أقدم وهو موجود حتى لدى الأسماك والزواحف بشكله المكتمل . أقدم وأقل تعقيداً وبالتالي أكثر قدرة على المقاومة ولذلك لم يزل يعمل . تتمركز في هذا الجزء الغرائز والدوافع المخزنة هناك كأفعال انعكاسية جاهزة موروثة لكي يحصل رد الفعل المناسب على إثارات المحيط اوتوماتيكياً .

لدى الانسان الناضج الذي يستطيع «السيطرة» على نفسه يراقب المخ عادة هذه الأفعال الانعكاسية الاوتوماتيكية ويحصرها ضمن الحدود المتناسبة مع تقديره للموقف . أما الآن في المرحلة المتوحشة تكون هذه الهيئة العليا القادرة على التحليل غائبة . لذلك يسيطر المخيخ كحاكم مطلق ويحكم على التخدير (وهو مصيب في ذلك من وجهة نظره غير القادرة على التحليل) على أنه حالة من التسمم الحاصل بتأثير خارجي مما يجعله يطلق الأفعال الانعكاسية الغريزية الجاهزة مسبقاً لاتخاذ أقصى درجات الهرب والدفاع . من هنا يتولد لدى المريض الفاقد الوعي قلق صاخب يبعث الخوف في نفس من يراقبه .

في هذه المرحلة لا يستطيع الجراح بالطبع البدء بإجراء العملية على الرغم من أن الشعور بالألم لدى المريض يكون قد غاب أيضاً مع غياب وعيه . لذلك يتابع المخدر تنقيط الأتير على الكمامة الذي يتحول هناك الى بخار يستنشقه المريض . بذلك يتعمق التخدير أي يزداد تركيز الأتير في الدم مما يؤدي الى تخدر المخيخ والى توقف الحركات الغريزية التي كان يطلقها . عندئذ يهدأ المريض ثانية ويزول التوتر من عضلاته . الآن يمكن البدء بالعملية الجراحية . لذلك تكمن مهارة المخدر في أن يحافظ على التخدير على هذا المستوى طيلة العمل الجراحي .

يكون الآن كل من المخ والمخيخ مشلولين . غير أن الجزء الأدنى والأقدم من الدماغ يكون في هذه المرحلة لم يزل في حالة العمل . تتواجد في هذا الجزء مراكز التحكم الاوتوماتيكي (اللاإرادي) بالدورة الدموية والتنفس وبتنظيم الحرارة وبغيرها من وظائف التمثل العضوي اللازمة للحياة . هذه المراكز هي التي تحافظ الآن على بقاء المخدَّر حياً . فقط لأن هذا الجزء القديم من الدماغ لم يزل أقل تحسساً وأكثر تحملاً من بقية الأجزاء المسؤولة عن الوعي وعن الشعور بالألم ، يستطيع الطبيب أن يخدر المريض دون أن يميته .

يبرهن التخدير بطريقة تأثيره المتدرجة على أن الأجزاء المختلفة من دماغنا هي من الناحية التطورية التاريخية ذات أعمار مختلفة وأن لكل مرتبة من العمر تركيب خاص بها يزداد تعقيداً من الأقدم الى الأحدث . إذا ما ربطنا بين هذه الدراسة الوظيفية لدماغنا وبين تركيبه التشريحي نلاحظ أن هذا العضو مؤلف من «طبقات» متشكلة بالتسلسل فوق بعضها البعض كما هو الأمر في الرواسب الجيولوجية : تحت في الأسفل يكون القديم ثم تتلوه تباعاً البنى الجديدة متسلسلة تبعاً لجدتها بحيث تكون آخر طبقة هي أحدث طبقة .

في أسفل الدماغ نشاهد مراكز تنظيم الوظائف التي حررت المتعضية الحية خلال تاريخ تطورها الطويل ، على طريق استقلالها ، خطوة خطوة من تعلقها بالمحيط وتسلمت هي نفسها زمام الأمور . هنا يوجد مركز (كتلة من الخلايا العصبية) ينظم كمية وحركة الماء داخل الجسم . من هنا تتم مراقبة تركيز

المحلول الكلوي وتحقيق الانسجام بينه وبين المحتوى المائي في النسج ، كما يتم التنسيق بين التعرق والحاجة الى تناول السوائل التي نحس بها عبر الحالة التي نسميها «العطش» .

في نفس الطبقة يوجد مركز لتنظيم الحرارة الداخلية ، الذي يحرر ثابتات الحرارة من التبعية للتأرجحات الحرارية في محيطها ويحقق بالتالي سرعة ثابتة للتمثل العضوي وشروطاً «داخلية» ثابتة تهيء بدورها الأساس لأشكال أعلى من الاستقلال عن المحيط . يسمى هذا المركز أحياناً «العين الحرارية» أيضاً لأنه «يعرف» درجة حرارة الدم المار حوله ثم يقوم على ضوء ذلك ، كما يفعل الترموستات (المنظم الحراري) في التدفئة المركزية ، بتشغيل الأواليات المنظِّمة المناسبة .

عندما نشعر بالحر الزائد نتناول كمية أكبر من السوائل لكي نطرد الحرارة من جسمنا عن طريق زيادة التعرق . هنا تتقاطع وظيفتا تنظيم الماء وتنظيم الحرارة اللتين يجب تنسيقهما مع بعضهما البعض كما هو الأمر مبدئياً لدى جميع وظائف المتعضية . كما ان وجوهنا تحمر في الحر الشديد : تتوسع العروق الجلدية اوتوماتيكياً لكي يتمكن الدم من نقل أكبر كمية من الحرارة من داخل الجسم الى سطحه الخارجي حيث تشع من هناك نحو الخارج . هذه الآلية تجعل من دورتنا الدموية ، بالإضافة الى جميع وظائفها الكثيرة الأخرى ، محطة تكييف فعالة لجسمنا .

أما التنظيم في الإتجاه المعاكس فيجعلنا نبدو في الوسط البارد شاحبي اللون . إذا ما شعرنا بالبرد الشديد ، أي إذا ما انخفضت درجة حرارة جسمنا عن المقدار المسموح ، نبدأ بالارتعاش : تقوم العين الحرارية الآن بتشغيل مركز أعلى يستطيع أن يحرك العضلات اوتوماتيكياً لكي تنتج حرارة إضافية عن طريق حرق كميات أكبر من المواد الغذائية في العضلات . لهذا السبب تزداد شهيتنا في الأوقات الباردة بينما يقل أكلنا بصورة واضحة في أوقات الصيف الحارة .

في نفس المقطع العميق والقديم من الدماغ تواجد الغدة النخامية أيضاً . لقد أصبحت هذه العين القحفية ، التي تحولت لدينا الى غدة ، معزولة عن العالم الخارجي بغطاء الجمجمة المحكم الاغلاق . غير أن هرمونات هذه الغدة لم تزل توجه التوقيت الزمني لعدد معين من عمليات التطور الجسمي ، وإن كان هذا لم يعد يحصل استناداً الى إشارات من المحيط .

فوق هذه المنطقة توجد الأجزاء العليا من جذع المخ وهي عبارة عن كتل هائلة ، مئات الملايين ، من الخلايا العصبية التي تشكل هنا مراكز لقيادة الوظائف والقدرات المكتسبة بعد ذلك بزمن طويل . يمكننا وصف وظائف هذه الأجزاء من المخ بطريقة عامة مبسطة ولكنها صائبة بأن نقول : إن هذه المنطقة من الدماغ هي نوع من الكومبيوتر (الحاسب الالكتروني) الذي خُزنت فيه خبرات الأجيال السابقة اللاحصر لها في برامج جاهزة . تتخزن هذه البرامج هنا في صيغة أفعال سلوكية أو تصرفات محددة كنوع من المشاهد المسرحية التي تبدأ بالحدوث بناء على مؤثرات خارجية أو داخلية محددة (رؤية عدو أو حبيب ، إفراز هرمون معين) .

لقد سبق وتعرفنا على أحد الأمثلة في حالة المريض المخدر الذي بلغ مرحلة الخوف الهيستيري . هنا تطلق علائم التسمم ، التي ترافقت مع غياب دور المخ ، البرنامج «دفاع وهرب» . لقد أظهرت

التجارب التي أجراها على الدجاج إيريش فون هولست المتخصص في علم السلوك بصورة جلية ومعبرة الطابع الاوتوماتيكي لأشكال السلوك المبرمجة في هذا الجزء من الدماغ .

قام هولست بغرز أسلاك شعرية ناعمة في نقاط معينة من دماغ دجاجات مخدرة بعد أن قام بدهنها كاملة عدا رأسها بمادة خاصة لتأمين عازليتها الكهربائية . شفيت الدجاجات بعد ذلك تماماً وعاشت حياتها العادية لعدة سنوات دون أن تسبب لها الأسلاك الموجودة في دماغها أية مضايقات . كان هولست قد تعمد غرز رؤوس هذه الأسلاك في الجزء من الدماغ الذي نتحدث عنه هنا . عندما بدأ بعد ذلك بتمرير تيار كهربائي خفيف ، تعادل قوته قوة النبضة العصبية ، في الأسلاك تحولت دجاجاته فوراً الى روبوتر (أجسام آلية) يتحكم بها من بعد : راحت الدجاجات ، كلما قام الباحث بوصل التيار الكهربائي ، تنفذ البرنامج المخزن هناك في النقطة من الدماغ التي كان ينغرز فيها السلك الناقل للتيار .

كانت هناك دجاجات بدأت فجأة بالنظر المتقصي الى بعيد ثم أخذت تقرب نظراتها شيئاً فشيئاً على الأرض حتى وصلت الى قرب أرجلها ثم بدأت تصيح مذعورة محاولة الهرب غير أنها عادت بعد ذلك الى الهجوم بمنقارها ومخالبها على عدو لم يكن موجوداً على الإطلاق . بكلمات أخرى ، هنا انطلق البرنامج : «الدفاع ضد عدو أرضي» ، أي جملة من السلوك الموروث عند الدجاج . ما من أحد يستطيع أن يعرف كيف عاشت الدجاجة المشهد الذي أثارته النبضة الكهربائية ، عما إذا خُيِّل لها أنها ترى العدو الشبحي الموهوم في هيئة ثعلب أو ضبع أو أي شيء آخر .

الشيء المؤكد هو فقط أن الدجاجة تتصرف وكأن العدو حقيقي تماماً . عندما كان الباحث أخيراً يقطع التيار كان يبدو على الدجاجة الارتياح المترافق مع شيء من الذهول وكأنها تتعجب أين بقي العدو الذي توجب عليها للتو الدخول معه في معركة مريرة . ثم كانت تتبع ذلك خاتمة مثيرة للاهتمام : كانت الدجاجة تصفق بجناحيها مطلقة صيحة النصر .

ولم لا ؟ لقد اختفى العدو فعلاً بعد معركة حامية . إن الدجاجة لا تعرف شيئاً عن وظائف الدماغ . كيف كانت ستستطيع أن تكتشف أن ليس قوتها الذاتية هي التي جعلت العدو يختفي فجأة ؟ ولكن علينا أن لا نتسرع في الحكم . إن السبب الذي جعل الدجاجة تحكم على الموقف بصورة خاطئة هو في الحقيقة أعمق مما نتصور .

ما من دماغ على الاطلاق يستطيع أن يعرف بأية طريقة من الطرق عما إذا كانت النبضة العصبية الواصلة الى أحد مراكزه قادمة من مصدر طبيعي أم من أي مصدر آخر . وهذا لا ينطبق على دماغ الدجاجة وحدها . لو أجريت هذه التجربة معنا ذاتنا لما توفرت لنا أيضاً أدنى امكانية لاكتشاف الطابع الاصطناعي المركب للحدث الذي أثارته فينا النبضة الكهربائية . إذ أن حتى هذا الذي نسميه «الواقع» لا وجود له في دماغنا إلا على شكل نبضات كهربائية ـ لكنها معقدة الى درجة تفوق التصور .

لقد قاتلت إذن دجاجات هولست بناء على ضغط زر ، وراحت بأمر كهربائي تصيح وتنفش ريشها وتلتهم طعامها وتشعر فجأة بالشبع . كانت تلجأ الى النوم أو تبحث قلقة في محيطها عن عدو بدا لها أنه موجود . يتضح من كل هذا أن هذه الأشكال من السلوك والتصرفات موروثة وموجودة ، كما أشارت

التجارب ، على شكل برامج جاهزة في مواقع محددة من الدماغ . إنها ردود نموذجية على مواقف يتكرر حصولها في حياة هذه الحيوانات . إنها تعبير عن خبرات لم تكتسبها الدجاجة المنفردة وإنما عدد لا حصر له من أفراد النوع خلال الملايين الكثيرة من السنين التي تطور فيها النوع بتأثير الطفرات التي اختار المحيط من بينها الأفضل أي اصطفى منها ما يناسبه . بواسطة هذه العملية التطورية نفسها جُهِّزت أيضاً البرامج السلوكية الموصوفة هنا وحُسِّنت واستكملت ببطء وباستمرار لكي تنسجم مع المتطلبات الوسطية لمحيط هذه الحيوانات .

كما أن الخلية البدئية العديمة النواة اكتسبت ، لكي تحسن فرص بقائها ، شيئاً فشيئاً وظائف متخصصة معينة كالتنفس والتركيب الضوئي بأن أخذتها جاهزة من المحيط بأن ابتلعت أو اتحدت مع خلايا متخصصة مناسبة (أي التي كانت قد اكتسبت «خبرات» معينة) اتخذتها كعضيات لها ، بنفس الطريقة يستفيد هنا الفرد المتعدد الخلايا من خبرات عدد كبير من أفراد نوعه . ثم عملت الطفرة والاصطفاء على أن يتم تناقل هذه الخبرات بالوراثة . أما المحصلة فهي مجموعة من النماذج السلوكية الموروثة والمدروسة لأن الأجيال السابقة قد قامت باختبارها والتأكد من نجاعتها .

يسمي العلماء هذا النوع من الخبرات الموروثة «غرائز» . لم تزل هذه الغرائز موجودة لدينا نحن البشر أيضاً . غير أنها لم تعد تسيطر علينا كما هو الأمر لدى الحيوانات . رغم ذلك فإن ما نسمعه أحياناً من شكوى من «الفقر في الغرائز» لدى الإنسان يقوم على سوء فهم . إن التراجع في التجهيزات الغريزية الذي حصل لدينا عبر الزمن هو وحده الذي هيأ أمام جنسنا الفرصة لأن يصبح «ذكياً» .

صحيح أننا بذلك قد فقدنا الحس الموجود لدى الطيور المهاجرة التي تبدأ رحلتها نحو الجنوب في الوقت المناسب تجنباً للبرد القاتل على الرغم من أنها لا تستطيع أن تعرف أن هذا البرد سيأتي ، لكن من يريد اكتساب القدرة على أن يتعلم هو ذاته بدلاً من أن يأخذ ببساطة أجوبة نموذجية جاهزة يرثها منذ ولادته يتوجب عليه أن يتخلى عن هذا النوع من الانسياق المريح في المحيط .

بما أننا نمتلك دماغاً يعطينا الامكانية لأن نعي ذاتنا فإننا نعيش غرائزنا. إننا نعيشها كحالة نفسية وكدوافع ، كخوف أو حزن أو سرور . كجوع أو عطش . كقوة جنسية جاذبة . كهذا الذي نسميه «جمال» انسان معين أو ذاك الذي يجعلنا نشعر بالقرف عند النظر الى حلزاة مخاطية الشكل .

نعيش هذا الفعل الانعكاسي أيضاً في الشعور اللاإرادي الذي نقوم بناء عليه برد فعل عفوي على احتكاك جسمنا بجسم انسان غريب في مكان مزدحم . أو كاشمئزاز يغمرنا عند النظر الى شخص يثير فينا الشعور بالعداء أو نحس أنه يشكل خطراً علينا دون أن تكون لنا معرفة سابقة به .

في كل هذه وغيرها من الحالات الكثيرة الأخرى نقوم اوتوماتيكياً بتصرفات موروثة ليس لنا عليها أي تأثير نستسلم لها أو نحاول السيطرة عليها عقلانياً بواسطة مخنا . لهذا السبب نقول أن الغضب «أخرجنا عن طورنا» وأن الفرح أو الحزن «سيطرا علينا» . يعود الكثير من مشاكلنا في التعامل اليومي ، سواء في الحياة الخاصة أو حتى على مستوى العلاقات السياسية بين الشعوب ، الى أن تصرفات من هذا النوع تحصل لا إرادياً «غريزياً» واننا نحتاج الى بذل جهد واع مركَّز لكي نكتشفها ثم لكي نسيطر عليها .

كل هذا لن يكون سيئاً لو لم يتعلق بميراث قديم العهد . إن ما يتحرك فينا هو برامج تنحدر من العصر الحجري ومن مئات ملايين السنين التي سبقته . إن «النصيحة» التي تقدمها لنا ضد إرادتنا هذه المشاعر الغريزية تستحق لذلك أن ننظر اليها بكثير من الحيطة والحذر لأنها نشأت على أرضية التجارب التي أجريت في عالم لم يعد عالمنا بل ولّى منذ زمن بعيد .

لقد خلف جنسنا وراءه ، شيئاً فشيئاً خلال ملايين السنين الأخيرة من تطوره ، الاطمئنان الأمني المنعَّم المتحقق بواسطة نظام غريزي قوي لا يخطىء . وفتح أمامنا عوضاً عن ذلك بعداً جديداً للمعرفة الواعية ، أي للامكانية المليئة بالمخاطرة لأن نتعلم ونكتسب الخبرات الفردية . يبدو أننا لم نحصل بذلك على استقرار متوازن جديد . إذ لم نزل في المستوى الحالي من تطورنا نخضع بسهولة الى الميل بأن نواجه مشاكل عالمنا المتمدن ، الذي بنيناه بعقولنا ، بالبرامج التي ربما كانت هادفة في العصر الحجري . «لم يعد حيواناً ولم يصبح ملاكاً بعد» ، هكذا وصف بليز باسكال وضع الانسان . إن طريقتنا البيولوجية العلمية في النظر الى جنسنا ، الذي نجسد نحن اليوم المستوى التطوري الذي وصل اليه ، تؤكد التشخيص الذي وضعه هذا الفيلسوف الكبير . إنها تذكرنا مجدداً بأننا بالتأكيد لسنا نهاية ، وفي كل الأحوال ليس هدف التطور بل إننا لسنا سوى معاصري مرحلة انتقالية تقع فيها على عاتقنا ، سواء أردنا أم أبينا ، المسؤولية بأن لا نغلق الطريق أمام استمرار هذا التاريخ .

أن يكون دماغنا مؤلفاً من طبقات متشكلة بتسلسل زمني بالطريقة التي وصفناها ، فإن هذا يعود ببساطة إلى أنه قد نما خلال عملية التطور كما تنمو الشجرة . عند النهاية العليا من النخاع الشوكي ، الذي تتجمع فيه جميع الخيوط العصبية القادمة من الجسم أو المتوجهة إليه مشكِّلة ما يشبه الكابل (الحبل) الثخين ، تشكّلت في البداية القاعدة الدماغية التي توجه الوظائف «النباتية» التي لا غنى عنها لأي من متعددات الخلايا الأعلى .

بعد اكتمال تشكل هذه القاعدة تشكل فوقها ، بعد مئات ملايين السنين ، برغم أدى تطوره خلال مئات ملايين السنين أيضاً إلى تجمع كبير من الخلايا العصبية التي شكلت جذع المخ الأعلى . ثم تكررت بعد ذلك نفس العملية : بدأت تتشكل فوق الجذع المخي كتلة صغيرة لم تزل موجودة لدى الأسماك كمركز لحاسة الشم حصراً . ثم نمت هذه الكتلة الصغيرة خلال تطورها اللاحق حتى بلغت حجماً غير متوقع ، بحيث أصبحت لأول مرة لدى أنصاف القرود كبيرة إلى درجة انها صارت «مخاً» ضم جميع الأجزاء الأخرى وأخذ في الوقت نفسه يحتل شيئاً فشيئاً دور المتحكم بوظائفها .

أما لدى الإنسان فقد كان نمو الحجم كبيراً إلى درجة أن الشريحة العليا من هذه الطبقة الدماغية لم تجد مكاناً كافياً لها في فراغ الجمجمة مما جعلها تنطوي على ذاتها مشكلة الكثير من التلافيف . ترتب على هذا النمو الكبير في الحجم أن حصل مالِك هذا العضو على مقدار من الحرية في سلوكه لم يكن قد عرف من قبل : ظهور الإمكانية لإدراك الذات ، ولأول مرة في تاريخ الحياة ظهور القدرة على التعرف الموضوعي على المحيط كعالم للأشياء وعلى التعامل معه بطريقة مخططة .

وعي الذات . عوضاً عن المحيط الذي تملي خصائصُه قواعد السلوك الذاتي ، عالم «موضوعي»

يمكن التحكم بما فيه من أشياء . خيال يستطيع أن يرى مسبقاً الإمكانات المستقبلية والنتائج المترتبة على أفعاله بحيث يستطيع إدخالها مسبقاً في حساباته . حرية في التصرف وصلت إلى حد أن القائم بالتصرف يستطيع حتى مقاومة البرامج الغريزية الموروثة ويستطيع التصرف ضدها عندما يبدو له أنها تتعارض مع مسؤولياته الأدبية والأخلاقية التي أصبحت تمثل معايير جديدة بالنسبة له . هذه هي أبعاد لواقع لم يكن موجوداً من قبل . لقد بلغت الحياة على الأرض مع ظهور المخ البشري درجة جديدة من درجات التطور .

مما لا شك فيه أن كل هذا جديد تماماً وذو نتائج انقلابية . لكن هذه المرحلة من التطور ليست معلقة في الهواء ، كما نعتقد دائماً ، فقط لأننا نحن البشر هم أولئك الذين يجسدونها . إنها هي أيضاً ليست سوى حلقة في تاريخ طويل عمره مليارات السنين . إنها تقوم على كل ما سبقها . ينطبق عليها أيضاً بلا قيود ما تأكدنا منه دائماً عند الانتقال من مرحلة إلى أخرى لدى الخطوات السابقة من نفس التاريخ : الإمكانات التي يستغلها مستوى معين من التطور هي دائماً محصلة لتجميع الإنجازات الأساسية التي كانت قد تحققت في مراحل التطور الحاصلة قبلها .

مما لا شك فيه البتة أن المخ البشري فتح واقعاً لم يكن موجوداً على الأرض من قبل . لكن حتى هذه القدرات الجديدة لدماغنا مهما بدت جديدة وأصيلة فهي مبنية على انجازات مغرقة في القدم . إن عقلنا لم يهبط من السماء . بل هو أيضاً له جذور تمتد في أعماق التاريخ السحيق .

لنبحث إذن عن آثار الماضي في المرحلة التي بلغها دماغنا البشري وفي إنجازاته المدهشة . لقد سبق وشرحت في فصل سابق الأسباب التي تؤيد الافتراض بأن الانجازات من النوع الذي نسميه في لغتنا اليومية «نفسياً» موجودة أيضاً بشكل مستقل خارج الأدمغة . بناء على ذلك يجب أن يعتبر الدماغ ، هكذا استنتجنا آنذاك ، على أنه ليس العضو الذي ينتج - كما نفترض دائماً - هذه الإنجازات وإنما العضو الذي جمعها لأول مرة في رؤوس الأفراد بعد أن كانت قد نشأت قبل ذلك بوقت طويل .

لدى معالجتنا على الصفحات السابقة لبرامج السلوك المخزنة في جذع الدماغ تأكدنا من صحة هذا القول بالنسبة لهذا الجزء من الدماغ . تبين لنا أن ما تجمع هنا هو تركيز لخبرات عدد لا حصر له من الأسلاف . لكن كيف ستظهر آثار الماضي عندما يتعلق الأمر بانجازات المخ ؟ لنحاول بالتسلسل استعراض ما يمكن قوله حول هذا الموضوع !.

** ** **

٢٠ـ أقدم من جميع الأدمغة

في أواسط الستينات أجرى البروفسور جورج أونغار من جامعة بايلور في هوستون ، تكساس ، سلسلة من التجارب التي تذكرنا خطوتها الأولى قليلاً بطرق التعذيب الصينية القديمة . قام هذا الباحث بحبس فئران بيضاء عدة ساعات يومياً في أحواض زجاجية مفتوحة من الأعلى وعلق فوق الفتحة صفيحة معدنية حرة الحركة . ثم سلط على الصفيحة المعدينة مطرقة صغيرة تضرب على الصفيحة اوتوماتيكياً ضربات متلاحقة بفاصل زمني قدره بضع ثوان . كان يصدر عن ذلك في كل مرة صوت قوي حاد ينطلق فجأة كطلقة المسدس .

كان من السهل عند مراقبة هذه الفئران التأكد من مدى انزعاجها من هذه الاصوات . كانت ترتعش مرعوبة كلما دقت المطرقة على الصفيحة المعلقة فوق رؤوسها . لكن الفئران أيضاً قادرة على التعود . بينما كان هذا الباحث الأمريكي يتابع اجراءاته المزعجة على مدى أيام وأسابيع متواصلة كان ارتعاب الفئران يتناقص يوماً بعد يوم على الرغم من أن شروط التجربة لم تتغير . لقد تعود على الصوت المفاجيء المزعج . وأخيراً لم تعد أية فأرة تبدي أي انزعاج أو اهتمام بما يحصل فوقها مهما زادت حدة الطرق .

بهذه الطريقة درب بروفسور أونغار عشرات ومئات الفئران ، التي قام بعد ذلك بقتلها وبانتزاع أدمغتها وحفظها في درجة حرارة منخفضة . عندما جمع هذا العالم كمية كافية من الأدمغة ، التي كانت قد تعودت على الضجيج المزعج أو التي ، كما كان يرى ، لا بد أن يكون هذا «التعود» قد تخزن فيها بطريقة ما ، قام بتذويب الجليد عنها وراح يبحث فيها عن ر ن س ، نوع من الحموض النووية .

كانت هناك عدة أسباب دفعت أونغار إلى العمل بصبر وجلد لسحب أكبر كمية ممكنة من حموض ر ن س من أدمغة تلك الفئران . في أثناء الحرب العالمية الأخيرة أشار عالم الأحياء السويدي هولغر هايدن

إلى أن ظاهرة الوراثة البيولوجيةتشبه الوظيفة السيكولوجية (النفسية) للذاكرة . كان هذا العالم السويدي يرى أن النوع يعطي عن طريق الوراثة لكل فرد من أفراده كل ما تعلمه هذا النوع خلال كامل مسيرته التطورية . بناء على ذلك فإن الوراثة هي من الناحية المبدأية ليست سوى «ذاكرة النوع» .

كان العلماء آنذاك يعرفون جيداً أهمية الحمضين النووين د ن س (الحمض النووي الريبي منقوص الأوكسجين) و ر ن س (الحمض النووي الريبي : لا يختلف عن د ن س في أي شيء سوى انه يحتوي على ذرة اوكسجين واحدة زيادة عنه) كحاملين للمادة الوراثية . لذلك خطرت على بال هايدن فكرة بدت مغامِرة للوهلة الأولى تقول ربما يكون ر ن س حاملاً أيضاً للذاكرة الفردية ، أو بكلمات أخرى ، ربما يشكل المادة التي تتألف منها ذكرياتنا ؟

إذا كانت هذه الجزيئات الرائعة قادرة على «تخزين» مخطط بناء الإنسان بكل تفاصيله ودقائقه ، من لون العيون حتى المواهب والطباع الشخصية (أو ، في حالة ر ن س ، قادرة على نقلها من نواة الخلية إلى الجسيمات الريبية الموجودة جاهزة في هيولى الخلية) ، فإنها ربما تكون قادرة أيضاً على تسجيل القصة الكاملة لحياة الإنسان والإحتفاظ بها ؟ لذلك بدأ هايدن بتدريب الفئران . كان يتوجب على هذه الحيوانات في تجربته ، لكي تصل إلى غذائها ، أن تسير على سلك رفيع مشدود بصورة جيدة . كان هايدن قد ترك مجموعة من الفئران تحصل على طعامها دون أن تقوم بهذه الرحلة الشاقة . أشارت التحليلات اللاحقة إلى أن : التدريب يؤدي إلى زيادة كمية ر ن س في أدمغة الفئران بصورة ملحوظة .

كان الشخص التالي الذي مسك هذا الخيط وتابعه هو العالم النفسي الأمريكي جيمس ميكونل . أجرى ميكونل تجاربه على الديدان . لقد تمكن بصبر وجلد أن يعلم هذه الكائنات البدائية أن تربط بين إشارة ضوئية وصدمة كهربائية . كان يسلط على الديدان إشارة ضوئية للحظة قصيرة ثم يتبعها بعد بضع ثوان بصدمة كهربائية ويعيد هذه العملية مرة كل دقيقتين . بعد بضع أسابيع تمكنت الديدان من تعلم وجود العلاقة بين الإثارتين ـ أصبحت الآن ترتعش كلما سقطت عليها الإشارة الضوئية وقبل أن تصلها الصدمة الكهربائية .

عندما قام ميكونل بعد ذلك بقتل الديدان المدربة وطحنها وقدمها طعاماً لديدان أخرى غير مدربة لاحظ أمراً مدهشاً : لقد ابتلعت ، كما هو غني عن البيان ، الديدان (العديمة الخبرة» مع وجبة الطعام ، المؤلفة من لحوم الديدان المدربة ، الخبرة التي اكتسبتها هذه الأخيرة في أثناء تدريبها . لقد تعلمت بعد التهامها لرفيقاتها الدرس «الصدمة الكهربائية تتبع الإشارة الضوئية» خلال زمن لا يبلغ سوى جزء من الوقت الذي احتاجته رفيقاتها ؛ لا بل إن بعضها حفظ الدرس منذ اليوم الأول .

بما ان ميكونل كان على إطلاع على تجارب هايدن لذلك قام باستخلاص ر ن س من أجسام الديدان المدرَّبة وزرقه في أجسام ديدان أخرى من نفس النوع . حققت النتيجة نفس النجاح . كان من الواضح أن جزءاً مما تعلمته الديدان الميتة قد انتقل عن طريق الحقن إلى الديدان المحقونة . هل كانت حموض ر ن س إذن هي فعلاً المادة التي تتألف منها الذكريات الشخصية ؟

أثارت التقارير حول تجارب ميكونل في نهاية الخمسينات اهتماماً عالمياً . نستطيع أن نتفهم أن تكون

ردود الفعل الأولى مشككة أو حتى رافضة ، لأن النتيجة بدت كنوع من الخيال . لم تؤخذ التجارب في البداية على محمل «الجد» إلا من الصحف الساخرة . «عليك أن تأكل أستاذك» ، هذه كانت النصيحة التي كنت تقرأها آنذاك في جميع النشرات الجامعية الأمريكية . لكن بعد ذلك بدأت تتوارد شيئاً فشيئاً التقارير من مخابر مختلفة في شتى أنحاء العالم مؤكدة صحة النتائج .

عندئذ بدأ الجدل حول ما إذا كان ما تم نقله هو فقط تحسن في القدرة على التعلم أم إنه فعلاً ذكريات منفردة محددة وملموسة . لم يكن حسم هذه المسألة ممكناً إلا بإجراء تجارب على حيوانات أعلى يتم تدريبها على دروس معقدة . كان جورج أونغار واحداً من العلماء الذين تجرأوا على العمل في إجراء هذه التجارب التي يحتاج تحضيرها وتنفيذها سنين عديدة والتي كان يبدو هدفها نوعاً من المغامرة .

عندما قام أونغار في عام ١٩٦٥ بحقن فئران «عديمة الخبرة» بمحلول ر ن س مركز مأخوذ من أدمغة فئران مدربة حصل على نتائج تبشر بالنجاح . تبين له أن الفئران المحقونة بهذا المحلول كانت منذ البدء غير حساسة تجاه الصوت المزعج أو إن خوفها منه كان منذ البدء ضعيفاً بحيث تعودت عليه بصورة أسرع مما هو الحال عادة لدى هذا النوع من الفئران . لقد أدى الحقن في هذه الحالة إلى التعود على إثارة أو على وضع لم تكن الحيوانات المحقونة نفسها قد عرفته من قبل على الإطلاق .

غير أن هذه النتيجة لم تكن بالنسبة لـ أونغار برهاناً كافياً . كان يريد أن يتوصل ليس إلى نقل «تعوُّد» وحسب بل إلى نقل «ذكرى» حقيقية ، أي شيء مما تحتويه الذاكرة . قام لهذا الغرض بتدريب جرذان على ما يخالف طبعها ، أي ما يخالف غريزتها الموروثة ، وهو أن تتجنب المكان المظلم وأن تعيش فقط في الأمكنة المضاءة . تم تنفيذ الدرس باستخدام الصدمات الكهربائية عندما تقوم الجرذان بتصرف خاطىء .

وضع الجرذان منفردة في أقفاص صغيرة نصفها مضاء ونصفها الآخر مظلم يحتوي كل منها على معلفين للطعام يقع أحدهما في النصف المضاء والآخر في النصف المظلم . أي جرذون عادي سيتناول طعامه في مثل هذا الوضع حصراً من المكان المظلم ، لأن الجرذان هي حيوانات «ليلية» (تنشط ليلاً) . لكن أونغار تمكن بسرعة من جعل جرذانه تتخلى عن هذه العادة بأن جهز الأقفاص بشبكة كهربائية تصدم الجرذون الذي يحاول أكل الطعام الموجود في المعلف المظلم . بما أن الجرذان هي حيوانات ذكية جداً فقد تعلمت جميعها خلال وقت قصير ما يجب عليها تعلمه . لقد راحت تتجنب نهائياً منذ الآن جميع الأقسام المظلمة في أقفاصها واصبحت تتحرك حصراً في الأقسام المضاءة ، علماً أن هذا شيء لا تفعله الجرذان إطلاقاً في الظروف الطبيعية .

أصبحنا نعرف الآن طريقة متابعة التجربة . قام أونغار باستخلاص محلول مركز غني بحموض ر ن س قدر الإمكان من أدمغة الجرذان التي تعلمت أنه من المفضل ، خلافاً لكل ما هو معروف في عالم الجرذان ، الابتعاد عن المناطق المظلمة في أقفاصها . إذا كان للمادة التي تتألف منها الذكريات علاقة بحموض ر ن س ، عندئذ يجب أن يكون «الخوف من الظلمة» ، الذي تعلمته الجرذان ، موجوداً الآن في هذا المحلول ، هكذا افترض أونغار .

عندما قام هذا الباحث بحقن جرذان غير متعلمة بهذا المحلول تأكد من صحة فرضيته بصورة لا تقبل الطعن : جميع الحيوانات المحقونة بهذا المحلول تصرفت وكأنها تعرف أن دخولها في المنطقة المظلمة سيسبب لها صدمة كهربائية على الرغم من أن أي منها لم يكن قد وضع من قبل في هذه الأقفاص المجهزة خصيصاً لإجراء التجربة . بذلك تمت البرهنة لأول مرة على أنه يمكن كيميائياً نقل «ذكريات» نوعية محددة من فرد إلى آخر .

ما هي المادة التي تتألف منها هذه الذكريات إذن ؟ لم تنته بعد المناقشات الدائرة حول هذه المسألة . أما أونغار من جهته فقط استخلص ، بعد تجارب استمرت سنين عديدة من أدمغة آلاف الفئران التي دربها على الخوف من الظلمة ، في عام ١٩٧١ بالإضافة إلى كميات كبيرة من حمض ر ن س ، استخلص مادة خالصة كيميائياً سماها «سكوتو فوبين» (أي «خوف الظلمة» : من اللغة اليونانية : سكوتو = ظلمة ، فوبين = خوف) . لم يكن سكوتو فوبين حمضاً نووياً وإنما مادة بروتينية . وهذا لم يكن يعني أية مفاجأة لأن د ن س أيضاً ينقل في نواة الخلية ما لديه من معلومات بوساطة ر ن س بروتيني (إنزيم) يسمى الحمض ر ن س الرسول ، الذي له تركيب خاص يحقق هذا النقل .

هل يتشكل إذن في دماغنا ، كلما عشنا حدثاً أو أدركنا مسألة أو كوّنا فكرة ، بمساعدة ر ن س قطعة بروتينية يمثل تركيبها الخاص نوعاً من «التسجيل» للحالة المعاشة ، نوعاً من الأثر الدائم الذي يتركه هذا الحدث أو هذه الفكرة في دماغنا ؟ هل هذا هو الأساس الذي تقوم عليه ذاكرتنا ، أي هل هو المستودع الذي نأخذ منه قصة سمعناها أو لحناً موسيقياً حفظناه أو شكل وجه تعرفنا عليه ، عندما «نتذكر» ؟

هناك بعض الدلائل التي تؤيد ذلك . لقد تمكن أونغار ، حسب آخر المعلومات ، من تركيب مادة الذاكرة «سكوتوفوبين» في المخبر . (في هذه الحالة أيضاً يتعلق الأمر بسلسلة واحدة محددة من الحموض الأمينية ، واحدة من بين عدد لا محدود ، «تعني» ، أي تعبر عن هذه المعلومة المحددة بالذات) . عند حقن الجرذان بمادة سكوتوفوبين الاصطناعية تكتسب فوراً صفة الخوف من الظلام وتفضل الإقامة في الجزء المضاء من القفص . ستمثل هذه الحالة ، عند تأكيدها بصورة قطعية ، ذروة العملية بكاملها ، أي نتيجتها القصوى الممكنة منطقياً : الامكانية لـ «تركيب الذكريات اصطناعياً» .

ولم لا ؟ إذا كنا قد قبلنا أن يكون «الواقع» الذي نعيشه موجوداً في دماغنا في شكل إشارات كهربائية معينة معقدة (مما يوفر الإمكان لأن ننتج اصطناعياً أجزاء من هذا الواقع بواسطة إشارات كهربائية ندخلها إلى الدماغ ـ تجربة الدجاجات) ، فلماذا يتوجب علينا أن ننفي إمكان تحضير الذكريات بطريقة كيميائية ؟ إذا ما فكرنا بالنتائج العملية التطبيقية التي قد تترتب في المستقبل على هذا الإكتشاف فإننا نصاب بالدوخان . لكن هذا أيضاً ليس إعتراضاً مفيداً بالتأكيد .

رغم ذلك سأتجنب الاعتماد في حججي على النتائج التفصيلية لتجارب أونغار لأن هذا الحقل الجديد الهام من البحوث البيولوجية الجزيئية في مجال الذاكرة لم يزل في بداياته . إن الحجة الهامة بالنسبة لتسلسل أفكارنا في هذا الموقع يمكن أخذها من مستوى جزئي متواضع من نتائج تجارب أونغار وغيره من الباحثين الذين عملوا في السنين العشر الأخيرة في مجال تجارب «نقل الذاكرة» .

مع كل ما يوجد اليوم من شكوك حول بعض النتائج التفصيلية والتفسيرات لهذه التجارب فإن هناك أمراً مؤكداً لا جدال فيه وهو أن الحموض النووية ، وبالدرجة الأولى حموض ر ن س ، «لها علاقة ما مع الذاكرة» . هذه الحقيقة الثابتة تفي رغم تواضعها بغرض المحاججة التي نسعى إليها هنا .

إذا ما نظرنا إلى الحقيقة القائلة ان ر ن س «لها علاقة ما مع الذاكرة» ، أي لها علاقة مع القدرة الفردية على التذكر ، إذا ما نظرنا إليها من المنظور التاريخي التطوري ، عندئذ نتوصل إلى استنتاج ذي أهمية بالغة . عندئذ نلاحظ ان قانون «الاقتصاد الطبيعي» الذي أثنينا عليه كثيراً قد لعب دوراً أيضاً لدى بناء الدماغ. عندما بدأ التطور آنذاك قبل حوالي مليار سنة بإنتاج الأدمغة البدائية الأولى، وعندما تبَين خلال التطور اللاحق أنه من المفيد منح هذا العضو المركزي القدرة على اكتساب الخبرة بطريقة فردية ، عندئذ لم يبذل التطور جهوداً جديدة لتطوير هذه القدرة من جديد .

لم يكن بحاجة إلى ذلك . كانت تتوفر أمامه إمكانية أسهل لتحقيق هذا الهدف . لم يكن يحتاج سوى العودة إلى مبدأ جاهز قديم ، إلى الاختراع الذي كان قد صممه قبل ملياري سنة . لقد كان آنذاك قد استخدم ببساطة الطريقة التي كان بواسطتها منذ البدايات الأولى للحياة قد «خزن المعلومات» بنجاح كبير لكي يتمكن بعدئذ من نقلها إلى الأجيال اللاحقة كـ «مادة وراثية» . «ذاكرة النوع» وقدرة الفرد على «التذكر» ليستا متشابهتين وحسب بل تقومان من حيث المبدأ ، كما أشارت تجارب أونغار وزملائه ، على نفس الآلية الجزيئية .

إذا كان سكوتو فوبين بروفسور اونغار يحتوي فعلاً على خبرة الجرذان المدربة المتجسدة بالخوف من الظلمة فإن هذا سيكون برهاناً قاطعاً على ان الذكريات يمكن أن توجد أيضاً خارج الأدمغة الفردية . لكننا لا نحتاج للبرهنة على أفكارنا كل هذا القدر من الملموسية . بل تكفي لغرضنا الحقيقة الواقعة بأن الوراثة والذاكرة هما شكلان مختلفان لنفس المبدأ البيولوجي . وهذا يعني أن الأدمغة الأولى لم تكن بحاجة إلى تطوير أو إنتاج «الظاهرة النفسية» ذاكرة . كان المبدأ موجوداً وجاهزاً . لم يكن الدماغ بحاجة إلا لأن يأخذه كاملاً كقطعة جاهزة مسبقـاً . تماماً بنفس الطريقة التي فعلتها الخلايا البدئية مع العضيات .

لقد تكرر هنا في مرحلة المخ نفس الأمر الذي كان يحصل دائماً منذ بدء التاريخ : بنى جاهزة مسبقاً كقطع بناء صغيرة اتحدت مع بعضها البعض مشكِّلة أرضية المرحلة التالية الأعلى . لم يكمن إذن التجديد الانقلابي ، فيما يتعلق بالوظيفة التي ندرسها هنا ، في أن القدرة على التذكر قد ظهرت على الأرض لأول مرة مع ظهور المخ ، لأن الذاكرة هي أقدم من جميع الأدمغة . بل إن إنجاز المخ يكمن ، كما سبق وشرحنا بالنسبة لأجزاء الدماغ الأخرى الأدنى ، في أنه مكن الفرد من الاستفادة من هذه الوظيفة المغرقة في القدم .

من هذا المنظور يصبح نشوء المخ نتيجة منطقية إجبارية لما سبقه من تطور . بذلك يعتبر المخ ، على أي حال فيما يتعلق بالذاكرة ، الحفيد الشرعي للهيدروجين . يتوجب علي أن أشير هنا إلى أن هذا الرأي لا يمكن دعمه اليوم بالحجج الكافية بالنسبة للوظائف النفسية الأخرى . هنا تواجهنا مرة أخرى تلك الثغرات في معارفنا التي سبق وأشرنا إليها مراراً والتي لا يثير وجودها أي عجب لدينا ، بل على العكس

إن ما يثير العجب هو أننا أصبحنا اليوم قادرين على تكوين نظرة شاملة عن التاريخ الذي أحاول عرضه في هذا الكتاب . غير انه يوجد على أي حال عدد من المؤشرات التي تؤيد فرضيتنا ، التي أصبحت مشروعة من خلال وصفنا لتاريخ التطور الممتد حتى الآن ، والتي تقول إن المرحلة من التطور التي يمثلها نحنا هي أيضاً محصلة لإتحاد وحدات جزئية أدنى .

عندما نقتنع أن قدرتنا «النفسية» على التذكر ما هي إلا استخدام لوظيفة بيولوجية كانت موجودة لوقت طويل قبل نشوء الأدمغة والوعي ، عندئذ نستطيع أن نعتقد أننا وصلنا بذلك إلى أقصى الحدود . وصلنا إلى أقصى حدود التنازلات التي نستطيع أن نقدمها ككائنات حية وحيدة على الأرض فتحت أمامها أبواب البعد النفسي على مصراعيها . عندئذ نكون قد تجاوزنا حكمنا المسبق المتمركز حول ذاتنا البشرية ، أي نكون قد تجاوزنا غرورنا المبني على اعتقادنا بأننا الوحيدون من بين جميع أشكال الحياة الأخرى الذين نمتلك «العقل» . لا شك أن هذا الإعتقاد ما هو إلا وهم . سنواجه في المستقبل أفكاراً مشابهة لتلك التي قدمتها لنا بحوث الذاكرة في السنين القليلة الماضية .

إذا كنا أخيراً مستعدين تحت ضغط قوة الحجة إلى القبول بأن الظاهرة «ذاكرة» لا تقتصر على ما يسمى المجال النفسي فأننا للّحظة الأولى سوف نرفض انطباق هذا القول على إمكانية تبادل الخبرات . من المؤكد أننا لسنا وحدنا نحن البشر الذين نتبادل الخبرات التي نتعلمها بين بعضنا البعض . بل إن هذه الإمكانية متوفرة ، وإن كان بحدود أضيق ، لدى الكثير من الحيوانات . قد يقول البعض أن هذا لا ينطبق إلا على المرتبة العليا من الحيوانات ، أي فقط على تلك التي تمتلك دماغاً متطوراً يجعلنا نضطر إلى أن نعترف لها أنها تمتلك جزءاً متواضعاً من «البعد النفسي» . أما التبادل الحقيقي للخبرات عن «دروس محفوظة» بالتعلم خارج هذا البعد فهو غير ممكن ، لا بل يقع خارج حدود التصور . لننظر إلى أي مدى تستطيع هذه الحجة أن تصمد !.

قام العالم الأمريكي نورمان آندرسون في عام ١٩٧٠ بنشر دراسة تكميلية عن نظرية التطور يبدو أنها ستهز فرضية تمتع عقولنا بحق حصري متميز . كان آندرسون هو أول من صاغ الأفكار ، التي كانت مطروحة للمناقشة منذ عدة سنوات ، في دراسة علمية متكاملة . تقول هذه الدراسة إن «النقل الفيروسي» يجب أن يكون قد لعب دوراً حاسماً في عملية التطور .

يعني هذا القول المسألة المذهلة التالية : بما إن الفيروسات غير قادرة على التكاثر لوحدها فهي تقوم بمهاجمة خلية مستخدمة ما فيها من تجهيزات لتحقيق هذا الغرض . لقد سبق وشرحنا في مكان سابق من هذا الكتاب بالتفصيل قصة حياة هذه الكائنات الغريبة . لقد أوضحنا أن الفيروس يحقن الخلية بمادته الوراثية ويرغمها بذلك على تعديل برنامجها بشكل أنها تستهلك ذاتها لإنتاج فيروسات كثيرة جديدة تقوم بدورها بمهاجمة خلايا جديدة وهكذا دواليك .

في عام ١٩٥٨ حصل عالم الأحياء الأمريكي يوشوا ليدر بيرغ على جائزة نوبل على اكتشاف كان قد قام به في عام ١٩٥٢ يقول إن عمل الفيروسات يؤدي في كثير من الأحيان إلى نقل المادة الجينية (الحاملة للمورثات) من خلية إلى أخرى . يقصد بذلك أن الفيروسات عند قيامها بطريقتها الغريبة في التكاثر تقوم

بدون قصد بنقل أجزاء (نتف) من حموض د ن س الموجودة في الخلية التي تهاجمها إلى الخلية التالية التي تهاجمها . (تشبه هذه العملية ما يقوم به النحل من نقل غير مقصود لغبار الطلع من زهرة إلى أخرى) .

بعد فترة قصيرة اكتشف العلماء أن أجزاء د ن س المنقولة بهذه الطريقة من خلية إلى أخرى تكون أحياناً طويلة إلى حد ما . ليست نادرة الحالات التي تكون فيها هذه الأجزاء طويلة إلى درجة أنها تحتوي ٣ أو ٤ أو ربما حتى ٥ جينات (مورثات) كاملة يتم عملياً نقلها دفعة واحدة من إحدى الخلايا وزرعها في خلية أخرى . كان آندرسون هو أول من أوضح ما يمكن أن تعنيه هذه الآلية بالنسبة للتطور : إنها تعني أن الفيروسات تعمل كوسيط في تبادل «الخبرات» الجينية بصورة مستمرة بين جميع الأنواع الموجودة على الأرض . كل تقدم جيني وكل إختراع قام به التطور لدى أي كائن حي من الكائنات اللا حصر لها الموجودة على هذا الكوكب يصبح مبكراً أو متأخراً بهذه الطريقة تحت تصرف جميع الأنواع الأخرى بحيث يستطيع كل منها «قراءته» لاحقاً والاستفادة منه .

كانت هذه المقولة بالنسبة للباحثين وكأن غشاء قد أزيل عن عيونهم . الآن فهموا المعنى الحقيقي لتماثل الشيفرة الوراثية لدى جميع الأنواع . هذا الطابع الاسبيرانتي الشمولي الموحد للغة التي تكتب فيها بواسطة د ن س جميع الوظائف ومخططات البناء المكتسبة بالطفرة والاصطفاء مكنت جميع المتعضيات من المشاركة في هذا التبادل للخبرات الذي شمل كامل مملكة الأحياء . كلما تمكنت خلية من الخلايا من الخروج سالمة من معركتها مع الفيروس (والخلايا تملك بحق طرقاً دفاعية فعالة) تكون قد حصلت على الفرصة لفحص إمكانية استخدام الجينات ، التي نقلها هذا المهاجم بدون قصد ، لأغراضها الخاصة .

إذا كان تطور متعضيات نوع معين يستطيع أن يستفيد من التطورات الجينية والإختراعات التي تقوم بها جميع الكائنات الحية الأخرى الموجودة على الأرض (لنفكر فقط بقابلية الاستخدام الشاملة وبالتالي بقابلية المبادلة بين آلاف الانزيمات اللازمة للتمثل العضوي) ، عندئذ يسقط أيضاً الاعتراض الذي كان حتى الآن يحرج «التطوريين» (أنصار نظرية التطور) من علماء الطبيعة . مهما كان الزمن الممتد ثلاثة مليار سنة طويلاً ، والذي كان موضوعاً تحت تصرف تطور الحياة الأرضية ، فإنه يبقى قصيراً نسبياً عندما يتعلق الأمر بنشوء كائنات حية كثيرة الخلايا من كائنات وحيدة الخلايا أو بنشوء البرمائيات والزواحف من المتعضيات البحرية ومن ثم أخيراً بدفع التطور الى أبعد من ذلك نحو الأعلى حتى يصل الينا ذاتنا نحن البشر .

إن الحجج التي تعتمد على الطفرة والاصطفاء لدفع عملية التطور الى الأمام ولنشوء أشكال حياتية أعلى من أشكال أدنى هي بدون شك قوية بما لا يقبل الجدل . لقد تحدثنا عن هذه المسألة بالتفصيل في هذا الكتاب . لذلك لم يتراجع علماء التطور عن موقفهم عندما كان معارضوهم يحسبون لهم كم هو «قصير» فعلاً الزمن الذي كان تحت تصرف الحياة على الأرض . مما لا شك فيه أنهم لم يكونوا يشعرون بالارتياح أبداً عندما يواجهون هذا الاعتراض . لكن تبادل الجينات الذي يتم بواسطة الفيروسات أزال هذه المشكلة بطريقة مقنعة . إذا كان كل اختراع منفرد قام به التطور في أي مكان قد وضع مبكراً أو

متأخراً تحت تصرف جميع الكائنات الحية الأخرى ، عندئذ يجب أن يكون التقدم التطوري قد حصل بسرعة أكبر بكثير مما كان يبدو ممكناً حتى الآن .

لذلك يتوجب علينا عندما نفكر بالفيروسات أن لا نتذكر فقط موجة الرشح القادمة أو غيرها من الأمراض الفيروسية المزعجة ، بل علينا أن نعلم أن هذه الكائنات الصغيرة تعمل بلا توقف وبلا كلل أو ملل خلال مسيرتها الطويلة عبر جميع الأنواع والفصائل منذ مليارات السنين على أن لا يبقى أي تجديد جيني سرياً أو محجوباً عن أي كائن يستطيع أن يستفيد منه أو يقوم بفعل أي شيء بواسطته . تبدو الأمور الآن وكأننا ما كنا موجودين اليوم على الإطلاق ، بعد خمسة مليار سنة من نشوء الأرض ، لولا أن الفيروسات قد عملت طيلة هذا الزمن الطويل على تحقيق هذا «التبادل الجيني للخبرات» .

أن تكون القدرة على «التخيل» لا تقتصر بأي حال على البعد النفسي وحده ، كما نفترض دائماً بدون مناقشة ، فهذا أمر سبق وتحدثنا عنه عندما عالجنا الكيفية التي تمكنت فيها فراشة الحور من اكتساب لونها المموه أو الفراشة الهندية من التوصل الى الخدعة التي تقوم على بناء هياكل خلبية . من الطبيعي أن أي شخص يستطيع أن يرفض هذه الرؤية ويقول ببساطة إن كلمة «تخيل» لا تعني سوى الظاهرة النفسية . لكن هذا سيكون تقييداً للمفهوم لا لزوم له ولا يحقق أي هدف .

إن التشابه الشكلي بين عمل الطفرة والاصطفاء من جهة وبين الحركة الحرة لخواطرنا ، التي نختار منها بطريقة محللة وناقدة ما نراه مناسباً على ضوء الضرورة وقابلية التطبيق ، من جهة ثانية هو تشابه واضح لا جدال فيه . إنه في الواقع كبير الى درجة تدفعني ، على ضوء النظرة التطورية التاريخية للأشياء ، الى الإدعاء بأن الأمر يتعلق في هذه الحالة أيضاً بشكلين مختلفين تحققت فيهما من حيث المبدأ نفس الظاهرة على مستويين مختلفين من التطور . لهذا السبب علينا أن لا نستغرب إذا ما وجد علماء الكيمياء الحيوية في المستقبل (في المستقبل البعيد بالتأكيد) في دماغنا ، كعضو مجسِّد لخيالنا الفردي الشخصي ، عمليات تتطابق مع العمليات الصدفوية التي تحصل في جزيئة د ن س عندما تحصل طفرة من الطفرات .

لن يكون لهذا الأمر أية أهمية بالنسبة لأفكارنا . إن المبدأ البيولوجي يستطيع أن يستخدم لتحقيق ذاته مواداً مختلفة . من ناحية اخرى ستكون الانعكاسات السيكولوجية لمثل هذا الاكتشاف ، إذا ما تحقق يوماً ما ، بالتأكيد جديرة بالاهتمام وقيِّمة ، لأننا نستطيع أن نقول منذ الآن أن كثيرين من اولئك الذين كانوا يعارضون دائماً دور الصدفة في التطور سوف يعدلون موقفهم عند هذه النقطة فوراً . عمليات طفروية كمنطلق وكأساس لخيالنا ، هذا أمر مختلف تماماً بالنسبة لهم . هنا ستعجبهم فجأة الصدفة ، التي كانت تبدو لهم في جميع مستويات التطور الاخرى مرفوضة ، لأنهم سوف لن يفوتهم بالتأكيد ، عندما يتوجب عليهم الإقرار بوجودها في أدمغتهم ذاتهم ، أن يقدموها كشاهد رئيسي على حقهم بأنهم يملكون «إرادة حرة» .

يتوجب علينا في هذا السياق أن نتطرق أخيراً الى القدرة على «التجريد» أي تلك القدرة الذهنية التي تبدو لنا بحق على أنها انجاز انساني نوعي عالي التطور وعلى أنها بالتالي مستعصية على المعالجة بالطريقة التطورية التاريخية التي نحاولها هنا . هنا أيضاً يمكن إيجاد مراحل تطور سابقة ، أي ظهورات لنفس المبدأ

على مستويات أدنى من التطور . لا بل إن هذا سيكون سهلاً فور ما نتحرر من أحكامنا المسبقة المغرورة والقائلة بأن الظواهر العقلية التي نعرفها من خلال تجربتنا الذاتية لا مثيل ولا أساس لها في المراحل التاريخية من التطور الذي حصل قبلنا .

أن يكون هذا فيما يتعلق بالقدرة على التجريد ليس سوى حكم مسبق أيضاً ، هذا ما لا حظه علماء السلوك الذين ركزوا اهتمامهم على موضوع صعب وهام أيضاً وهو الفصل بين السلوك المكتسب (بالتعلم) وبين السلوك الموروث «الغريزي» . لقد تحدث البيولوجي الالماني بيرنهارد هاسِنْشتاين قبل عدة سنوات عن مشاهدة نموذجية وهامة بالنسبة لتسلسل أفكارنا نعرضها هنا حرفياً كما وردت في النص الأصلي .

كتب ها سنشتاين يقول : «كان لدى شخص أعرفه مختص في علم سلوك الطيور قفص معلق في وسط غرفة كبيرة وكان بابه مفتوحاً بشكل أن الزرازير المقيمة فيه تستطيع أن تخرج منه وتعود اليه كما تشاء . كان القفص مصنوعاً على شكل شبك فتحاته واسعة بعض الشيء لكن العصافير لم تكن طبعاً قادرة على الخروج منها . وكانت العصافير قد تعودت على مربيها لدرجة أنها كانت تلتهم الطعام من يده وعلى الأخص عندما يكون مؤلفاً من ديدان الطحين التي تفضلها .

كان الموقف الذي تصارع فيه الغريزي والمكتسب على قيادة السلوك هو التالي : كان أحد العصافير موجوداً في القفص . أخذ المربي دودة ووضعها بمحاذاة الجدار الخارجي للقفص من الجهة المعاكسة للباب المفتوح . طار العصفور فوراً بإتجاه الدودة وحاول جاهداً وبمرارة الوصول اليها عبر الشبك ـ طبعاً عبثاً . من الواضح أن العصفور لم يفكر بالعودة الى الوراء والخروج من الباب المفتوح . كان من يراقب المشهد قد يظن أن العصفور لا يعرف هذا الطريق . لكن تبدلاً بسيطاً في الموقف يؤكد أنه كان يعرفه : راح المربي وبيده الدودة يبتعد ببطء شيئاً فشيئاً عن القفص وعن العصفور بحيث يصبح الهدف بالنسبة للعصفور أبعد وأبعد .

عند بلوغ بعد معين استدار العصفور فجأة نحو الباب الموجود خلفه وخرج من القفص بطريقة تدل على معرفته الجيدة للطريق ثم استدار ، عندما أصبح خارج القفص ، مرة اخرى باتجاه الهدف وانقض عليه بخط مستقيم .

أعيدت التجربة مراراً كثيرة وكانت النتيجة دائماً هي نفسها . لقد حرضت رؤية الطعام المفضل على مسافة قريبة لدى العصفور دافع الحصول على الطعام بالطريق المباشر ـ أي أنها حرضت طريقة السلوك الغريزي ـ بقوة الى درجة أنه لم يستطع أن يتحرر من تأثير هذا التحريض لكي يصل الى الهدف بالطريق الملتف المعروف ؛ عندما ضعف التحريض ، دون أن ينعدم ، تمكنت الخبرة ، أي معرفة الطريق الملتف ، أن تجعل تأثيرها على سلوك العصفور فعالاً» . الى هنا ما كتبه هاسنشتاين .

نواجه هنا مجدداً ذاك الميل الى الاستقلال ، الى الانفصال عن المحيط ، الذي تحدثنا عنه مراراً في السابق . يؤكد سلوك العصفور الموصوف أعلاه نفس الميل الذي رأيناه مراراً على شكل مختلف تماماً في مستويات أقدم وأدنى من مراحل التطور : لقد رأيناه لدى نشوء غشاء الخلية الذي منح المجموعة التي

يضمها استقلالاً معيناً عن المحيط ، كما رأيناه أيضاً عند اختراع الدم الدافىء الذي حرر الفرد من الخضوع لتقلبات الحرارة الدورية في محيطه (هناك العديد من الأمثلة نذكر منها هذين المثالين فقط) .

عندما نضع مشاهدات هاسنشتاين في هذا السياق لا نحتاج الى كثير من الجهد لكي نتعرف على قدرة العصفور على التحرر ضمن شروط معينة من الانبهار بتأثير محرض قوي ، على أنها مقدمة (أو مرحلة سابقة) للقدرة التي تتجاوز هذه الدرجة المتواضعة من الحرية : القدرة على «التجريد» .

تكمن انجازات العباقرة الكبار أيضاً في أنهم تمكنوا من الاستقلال عن المحيط بطريقة لم يتمكنها أي ممن سبقوهم أو عاصروهم : التحرر من الظاهر ، من المحسوس . إنها توفر لهم الامكانية لأن يكتشفوا الشيء المشترك الكامن خلف مظاهر المحيط المختلفة ، لأن يكشتفوا خلف الواجهة الظاهرة للعيان العلاقة ، أي القانون الذي يتحكم بما نراه .

كثيراً ما يُصوَّر نيوتن وفي يده تفاحة كإشارة الى الفكاهة المعروفة التي تقول أنه توصل من مشاهدته لسقوط تفاحة على الأرض الى المعرفة بأن دوران الكواكب حول الشمس تسببه نفس القوة التي أدت الى سقوط التفاحة : أي قوة الجاذبية . عما إذا كانت الحكاية قد حصلت فعلاً هكذا أم لا فهذا أمر ندعه جانباً ، لكن الفكاهة تصيب على كل حال بدقة رائعة لب الإنجاز النيوتني . تكمن عبقرية هذا الإنجاز في أن هذا الانكليزي العظيم تمكن من التحرر من المشاهدات المحسوسة وبالتالي من رؤية القانون الذي يختبىء خلف الظواهر المختلفة ظاهرياً .

على إحدى الجهات تفاحة تسقط على أرض الحقل . وعلى الجهة الأخرى حركة النجوم التي تسير على مداراتها الهائلة حول الشمس في قبة السماء . أية قدرة على التجريد هي هذه ، وأية درجة من التحرر عن المظاهر العيانية المحسوسة ! عند هذا المستوى المتحقق من التطور أصبح الفرد قادراً على الاستقلال عن المحيط الى درجة أن التحرر من الخضوع الى ظواهر المحيط المحسوسة أصبح ممكناً . لم نعد ننظر الى العالم بسلبية كما يعرضه الإدراك الساذج وإنما أصبحنا الآن نسأل عن السبب الذي يقوم عليه .

عند هذه النقطة من التطور ، التي بلغ عندها الانفصال عن المحيط درجة القدرة على التجريد الذهني ، برزت ظاهرة جديدة . إنها ظاهرة «الوعي» ، أي القدرة على إدراك الذات ، أي الإمكانية الجديدة لأن نكوِّن الأفكار حول ذاتنا ، لأن ندرك ذاتنا كـ«أنا» .

إننا لا نعرف ما هو «الوعي» . إننا لا نمتلك المستوى الأعلى الذي نستطيع منه أن نراقب الظاهرة التي نريد إدراكها . غير أن ما عرفناه حتى الآن من علاقات قائمة بين مستويات التطور المختلفة الأدنى يمكن أن تشجعنا على الصياغة الحذرة بأن الوعي هو محصلة لتجميع الذاكرة والقدرة على التعلم والقدرة على تبادل الخبرات والقدرة على التخيل والتجريد ، التي كانت جميعها قد نشأت في مراحل التطور السابقة بصورة منفصلة عن بعضها البعض .

الأمر الذي لا شك فيه هو أن «الوعي» هو شيء جديد تماماً . جديد كما كان الماء شيئاً جديداً تماماً عند النظر اليه من مستوى الذرات المنعزلة . ورغم ذلك فإن كلا الظاهرتين هما بدون شك نتيجة لاتحاد «القديم» . كان هذا القديم بالنسبة للماء عنصرين غازيي الشكل . أما بالنسبة للوعي فإنه تلك الوظائف

المنفردة التي ذكرناها أعلاه ، وغيرها من الوظائف العديدة الأخرى التي لم تتبدى لنا بعد بهذا الوضوح الظاهري البارز ، التي اتحدت جميعها لأول مرة في هذه المرحلة من التطور ضمن «الأدمغة» .

إن الإثارات الحسية المنطلقة من المحيط تتحول في إدراكات الأفراد الممتلكين لهذا الوعي الى خصائص لأشياء موجودة موضوعياً . حيث كان جذع الدماغ يستطيع فقط أن يستقبل الإشارات القادمة من المحيط والتي تمثل جذباً أو دفعاً ، فائدة أو خطراً ، وأن يعطي الرد التكيفي المناسب ، أصبح المخ القادر على التجريد يسجل الخواص النوعية للأشياء الحقيقية في عالم ذي وجود موضوعي .

إن ما حققه لأول مرة المخ البشري من إدراك لأشياء تبقى ثابتة (بدلاً من إثارات المحيط التي كان معناها يتأرجح بين حدود واسعة تبعاً للحالة البيولوجية الذاتية) هو مقدمة ضرورية لتسمية الأشياء . لكن هذا هو بداية نشوء اللغة . إن ثبات الأشياء هو الذي يتيح لنا اختراع واستخدام التسميات التي ليست متماثلة مع الأشياء التي نطلق عليها هذه التسميات . هكذا تنشأ الرموز اللغوية التي تفتح أمامنا الامكانية الانقلابية لأن نتلاعب بـ«الألفاظ» بدون أن (أو قبل أن) نضطر الى تحريك الأشياء الحقيقية التي تعبر عنها هذه الألفاظ .

هذا أيضاً هو بدون أي شك شيء «جديد» . رغم ذلك علينا أن نتذكر في هذاالموقع أن التطور قد طبق بنجاح كبير نفس المبدأ قبل مليارات السنين على مستوى من التطور يقع بعيداً تحت مستوى الوعي : إن الشيفرة الثلاثية للحموض النووية د ن س ، التي تُخزَّن بواسطتها في نوى خلايانا جميع خصائصنا ومواهبنا ، تمثل أيضاً حروفاً في لغة ليست متماثلة مع ما «تعنيه» أي معنا ذاتنا .



القسم الخامس

تاريخ المستقبل

٢١. على الطريق الى الوعي الغالاكتيكي

كيف ستتابع الأمور مسيرها ؟ سنكون لا منطقيين إ ذا لم نطرح هذا السؤال عند هذه النقطة من التطور التي وصلنا اليها اليوم . سنكون لا منطقيين إذا ما كبتنا هذا السؤال هنا لأننا وصلنا في وصفنا الى «الحاضر» ، الينا ذاتنا . لقد سبق وأشرنا في مناسبة سابقة الى الطابع النسبي لهذا الحاضر . إنه ، عند النظر اليه من المنظور الاجمالي للتطور ، ليس سوى لحظة في سياق التطور الشامل تحددت كيفياً بسبب وجودنا فيها بمحض الصدفة .

صحيح أننا نستطيع أن نعتبر هذه المرحلة من التطور التي ننتسب اليها على أنها مرحلة «خاصة» من ناحية أننا نحن البشر نمثل ، بعد استمرار التطور اللاواعي ثلاثة عشر مليار سنة من الزمن ، الكائنات الحية الاولى التي تمتلك القدرة كذات مستقلة على التعرف على العالم الذي نتج عن هذا التاريخ الطويل وعلى إدراكه إدراكاً موضوعياً . لم توجد هذه الحالة إلا منذ عدد قليل من عشرات آلاف السنين .

قد يستطيع المرء أيضاً أن يعطي لجيلنا دوراً متميزاً لأننا نحن الذين نعيش اليوم نمثل أول البشر الذين ملكوا القدرة على إدراك هذا التاريخ الذي نحاول إعادة تصميمه في هذا الكتاب وعلى إدراك أن هذا التاريخ يمثل الماضي الذي أدى الى نشوئنا ذاتنا . هذه هي في الواقع نقطة انعطاف لا يجوز التقليل من أهميتها بأي حال . لكن من يستطيع أن ينفي أن هذه الحالة كانت تنطبق بنفس المقدار على نقاط انعطاف سابقة في تاريخ التطور ؟ على اختراع الدم الدافىء أو على الخروج من الماء مثلاً ؟ على المستعمرات الخلوية الأولى التي تمكن أفرادها من تقسيم العمل المتخصص بين بعضهم البعض ، أو على الغشاء الذي تشكل حول مجموعات د ن س البروتينية وهيأ بذلك نقطة الانطلاق لنشوء جميع الخلايا ؟

لو قطعنا وصف التطور عند الحالة الحاضرة لكان هذا من حيث المبدأ عودة الى الحكم المسبق القديم ، الذي يحاول دائماً إيهامنا بأننا نحن البشر الحاليين نمثل هدف كل ما يحصل وناتجه النهائي وبأن

مليارات السنين الثلاث عشر الماضية لم يكن لها أي هدف سوى انتاجنا وانتاج حاضرنا الحالي . في الحقيقة سوف يستمر التطور بعدنا وسوف يتجاوزنا غير مبال بما نكوِّنه من آراء . سوف يحقق في مسيرته اللاحقة امكانات تخلِّف ما نجسده ونستطيع إدراكه بعيداً وراءها كما خلَّفنا نحن عالم انسان نياندرتال بعيداً وراءنا .

قد لا يحصل هذا على الأرض . من البديهي أننا لن نعرف أبداً كيف سيتطور هذا الذي اعتدنا على تسميته «التاريخ» والذي نعني به ما يفعله البشر خلال مئات أو آلاف السنين . لا يوجد معطيات علمية تمكننا من التنبؤ بما سيفعله البشر في المستقبل أو بالكيفية التي سيتطور فيها المجتمع البشري وبالأفكار التي ستؤثر على قرارات الأجيال القادمة . لذلك لا نستطيع أن نعرف أيضاً عما إذا كانت البشرية ستبقى مدة كافية لكي تشارك في هذا المستقبل الذي نعنيه هنا .

أما التنبؤات القصيرة المدى ـ «قصيرة المدى» بالمعنى التاريخي التطوري ـ فهي غير ممكنة ، لأن ما نسميه عادة في لغتنا اليومية «التاريخ» يتقلص ، عند النظر اليه بالمقاييس الزمنية التي اعتمدناها حتى الآن في روايتنا عن تاريخ النشوء ، الى نقطة صغيرة لا نستطيع رؤيتها . لدى إعادة تصميم الماضي ، أي لدى عرض الأحداث التي أدت من الانفجار الكوني الأول الى وقتنا الحاضر ، توجب علينا في هذا الكتاب أن نكتفي بالخطوط العريضة . كانت الفترات الزمنية الصغرى التي أدخلناها في اعتبارنا لا تقل عن عشرات لا بل مئات ملايين السنين .

إذا ما تابعنا الآن عملنا ضمن هذه المقاييس الزمنية الكبيرة ، عندئذ يصبح من الممكن طرح بعض المقولات المحددة عن مسيرة التطور اللاحق . عندئذ نستطيع أن نقول شيئاً مفيداً عن المستقبل الذي يتوجه نحوه التطور . قد نكون في غنى عن الإشارة الى أن أفكارنا إعتباراً من هذه النقطة ستكون بالضرورة تخمينية الى حد كبير ، أكبر بكثير مما كانت عليه حتى الآن . لا شك أن السبب واضح في أننا نستطيع أن نتحدث عن الماضي البعيد جداً بدرجة من اليقين أعلى مما نستطيعه عن المستقبل . غير أنه يوجد حتى بالنسبة للتحدث عن المستقبل بعض نقاط الإرتكاز التي نستطيع الاستناد عليها والتي تبرر هذه المحاولة . ستتألف أدواتنا التحليلية من الميول والقواعد التي تعرفنا عليها على ضوء التطور الجاري حتى الآن . سيوفر لنا تطبيقها الامكانية لأن نمدِّد طريق التطور عبر المستقبل .

الخطوة التالية الاولى ، التي نستطيع التنبؤ بها في هذه المحاولة ، هي الإنتقال من الحضارة الأرضية الى الحضارة الكوكبية ، وعلى المدى الطويل الى الحضارة الغالاكتيكية (المجرِّية) التي تشمل مجالات أكبر وأكبر من كامل المجرَّة . سأوضح في الصفحات الأخيرة من هذا الكتاب السبب الذي يجعلني مقتنعاً من **أن هذه الفرضية هي أكثر من مجرد تكهن عائم. إن اتحاد الحضارات الكوكبية المنفردة في روابط أكبر** تتعامل مع بعضها البعض ما هو إلا متابعة منطقية ضرورية لكل ما حصل خلال الثلاثة عشر مليار سنة الماضية .

لقد تعرفنا الآن على ميلين (نزعتين) يعتبران نموذجيين بالنسبة لكامل مسيرة التطور الممتدة حتى الآن . كانت النزعة الاولى هي اتحاد عناصر («الوحدات الوظيفية الأصغر») مرحلة التطور الأسبق مما

يتيح لعناصر المرحلة التالية الأعلى التشكل ببنية أعلى أكثر تعقيداً . أما النزعة الثانية فتكمن في ميل العناصر المتشكلة الى الاستقلال عن المحيط المعطى مسبقاً .

إذا ما بحثنا في حاضرنا عن آثار هاتين النزعتين ، اللتين تمتدان كخيط أحمر عبر كامل التاريخ ، نصادف حتماً مبكراً أو متأخراً ظاهرة الرحلات الفضائية . كلما تعمقنا في التفكير بهذا السفر عبر الفضاء ، كلما قوي لدينا الظن بأن استعداد البشر اللاعقلاني الى السعي بكل ما لديهم من امكانات اقتصادية وتكنيكية لأن يغادروا الأرض كي يصلوا الى أجرام سماوية غريبة ، لا يمكن فهمه إلا انطلاقاً من هذه الخلفية ، من هذا الميل الى الاستقلال . أما الحجج التي يكرِّرها مؤيدو الرحلات الفضائية حتى الإشباع والتي تركز على الفوائد المباشرة القصيرة المدى ، لكي يبرروا النفقات الهائلة التي يتطلبها هذا المشروع فهي ضعيفة وغير مقنعة .

لم يعد أحد اليوم يصدق الأهمية العسكرية لاحتلال القمر أو غيره من الكواكب . ولو أنفقت الأموال المصروفة على الرحلات الفضائية على تطوير الصواريخ الاستراتيجية البعيدة المدى لأصبحت بدون شك أكثر فعالية وخطورة . أما لماذا يجب أن تحسِّن النجاحات في السفر الفضائي من السمعة السياسية لبلد ما وأن تزيد من هيبته الدولية أكثر من تحسين النظام الصحي أو التعليمي أو ما شابه ، فهذا أمر ، كما أرى ، لم يتمكن أحد بعد من تعليله بصورة مقنعة .

كلما أطلنا التفكير بهذا الموضوع يزداد لدينا الاقتناع بأن هذا الإصرار الغريب على النفاذ عبر الفضاء يعبر عن الميل الذي رأيناه بأشكال مختلفة في مراحل سابقة من مستويات التطور : الميل الى التميز والاستقلال عما يحيط بنا ، الميل الى الانفصال عن المحيط المفروض . إنني مقتنع من أن هذا الإصرار على السفر عبر الفضاء وكذلك هذه الصعوبة في تقديم تعليل عقلاني مقنع له يعبران مجدداً ، ولكن هذه المرة بقناع تكنولوجي ، عن نفس النزعة التي وجدناها على المستوى البيولوجي عند الخروج من الماء .

عندما ننظر الى الماضي من الحاضر نتأكد هنا أيضاً ـ ولربما في هذه الحالة المعكوسة بصورة أكثر إقناعاً ـ من التشابه ، أي من القرابة الداخلية بين الظاهرتين ، اللتين تفصلهما عن بعضهما البعض مراحل كثيرة من التطور وخمسماية مليون سنة من الزمن ، واللتين تحاول كل منهما بما لديها من وسائل تحقيق نفس الميل الى الخروج . في كلا الحالتين يحاول السكان مغادرة الوسط الوحيد المعقول بالنسبة لهم . وفي كلا الحالتين يتم استخدام طرق متشابهة الى درجة مذهلة . وفي كلا الحالتين لا تتوفر علاقة معقولة بين ضخامة تكاليف المشروع وبين محدودية أهداف المغامرة ، على الأقل في مرحلة البدء بها .

كما سبق ورأينا أدى خروج الحياة من الماء ، الذي كان يبدو في البداية لا منطقياً وعديم الفائدة ، الى اختراع الدم الدافىء ، الذي لم تكن تتوفر أية امكانية للتنبؤ به ، والى خلق واقع جديد من العلاقات الحضارية والتاريخية . من يستطيع ضمن هذه الظروف أن يتجرأ على اعتبار مشروع البحوث الفضائية على أنه لا عقلاني وعديم الفائدة فقط لأنه ، وهذا أمر لا جدال فيه ، لا يستطيع في إطار أفقنا التنبؤي الحالي أن يقدم له تعليلاً عقلانياً مقنعاً ؟

من يستطيع أن يحدد مسبقاً الإمكانات الجديدة التي ستنفتح أمام من يتمكن من «الانفصال» عن

الأرض ؟ ورغم ذلك فإنه يبدو منذ اليوم أن السفر عبر الفضاء لا يمكن أن يؤدي إلا الى طريق مغلق، إلى أنه لن يدل على الطريق التي سيسلكها التطور في مسيرته المستقبلية .

إن من يستغرب هذا القول بعد كل ما قدمناه من تأملات وأفكار عليه أن يعلم فقط أننا لم نتحدث في هذا الكتاب إلا عن المحاولات الناجحة التي قام بها التطور . لقد تابعنا دائماً مصير المتفوقين فقط ، مصير تلك الكائنات التي فازت في معركة البقاء ، لأنها هي وحدها تشكل السلسلة المتصلة من الأحداث التي يتألف منها التاريخ . غير أنه مما لا شك فيه البتة أن عدد المحاولات الفاشلة التي دخل فيها التطور في طريق مغلق ولم تتوفر له بالتالي فرصة المتابعة كان أكبر بكثير .

إذا ما وضعنا في اعتبارنا أنه حتى ظهور الوعي ، الذي يختار بصورة تحليلية وناقدة ، لم يكن أمام التطور سوى العمل بالتجديدات الناشئة بالصدفة ، عندئذ ندرك أن الأمور لا يمكن أن تكون خلافاً لذلك . لقد استطاعت هذه التجديدات أن توفر الامكانات لمتابعة التطور فقط بواسطة عددها الكبير . لهذا السبب توفر الاحتمال لأن يمثل بعض منها على الأقل مفاتيح المستقبل . لقد حصل بالتأكيد خلال الأحقاب الزمنية الطويلة التي درسناها كثير من الصعود والهبوط وظهرت بدايات كثيرة مختلفة ، لا بل متناقضة أحياناً ، فيما يشبه الفوضى الشاملة . لاحقاً فقط أصبح من الممكن معرفة البدايات الناجحة من بينها والتي شكلت الحجارة التي رصف بها طريق المستقبل .

أما المحاولات الأخرى التي تخلى عنها التطور لاحقاً أو رفضها فقد استمرت زمناً طويلاً أيضاً . في كثير من الحالات انقضت ملايين السنين قبل أن يصبح معروفاً أن أحد التفرعات الجانبية سوف ينتهي يوماً ما في طريق مغلق . تقدم الأعداد الهائلة من أنواع الحيوانات والنباتات ، التي سيطرت في أحقاب قديمة على الأرض لزمن طويل ثم انقرضت دون أن نجد لها خلفاً اليوم ، عدداً كبيراً من الأمثلة المؤيدة لما قلناه .

غير أنه يوجد أيضاً أنواع كانت ناجحة جداً ولم تزل ، على ما يبدو ، قادرة على البقاء لزمن طويل على الرغم من أنها قد دخلت بدون شك في «طريق مغلق» . قد تكون الحشرات هي المثال الأكثر تعبيراً عن هذه الحالة . إن عمرها الطويل جداً حتى بالمقاييس الجيولوجية ـ ٤٠٠ مليون سنة ـ يعود قبل كل شيء الى التعدد الهائل لأنواعها مما يتيح المجال لوجود عدد منها على الأقل قادر على التكيف مع أسوأ الشروط . يدلنا رقم احصائي واحد على مدى قدرتها على البقاء : ثمانون بالمائة من جميع أنواع المتعضيات الموجودة على الأرض هي حشرات . من بين كل خمس حيوانات يوجد حيوان واحد فقط ليس حشرة .

رغم ذلك فقد سار ممثلو هذه العائلة الناجحة في طريق مغلق . لقد حصل الخطأ في وقت مبكر جداً من تاريخها ولم تتوفر الامكانية بعد ذلك لتصحيحه أو العودة عنه . يكمن هذا الخطأ في أن الأسلاف المبكرة للحشرات قد «قررت» ، عندما احتاجت الى دعامة تمسك بها جسمها المؤلف من خلايا كثيرة ، أن تأخذ هيكلاً عظمياً خارجياً . يكمن ضرر هذا المبدأ في التصميم ، الذي كان يبدو في البداية مقنعاً ومفيداً (لأنه يؤمن حماية إضافية) ، ولم يظهر إلا من خلال التطور التاريخي اللاحق ، في أنه يضع حداً للنمو في وقت مبكر جداً .

لهذا السبب تفوقت الأنواع التي حلت نفس المشكلة عن طريق تطوير هيكل عظمي داخلي ، لأنه لا بد من تجاوز حجم معين أدنى لكي يتمكن الفرد من احتواء عدد كبير من الخلايا المنفردة يوفر له الامكانية لاستغلال حالة التعدد الخلوي الى حدودها القصوى . ينطبق هذا قبل كل شيء على تطوير جهاز عصبي مركزي . لقد بقيت الحشرات رغم عمرها الطويل «غبية» لأن الفراغات التي يشكلها جسمها المصفح لا تحتوي ببساطة المكان الكافي اللازم لتلك الكمية من الخلايا العصبية اللازمة لبناء دماغ معقد بما فيه الكفاية .

ولكن لماذا نهتم في هذا الموقع بمشكلة التطور التاريخي للحشرات ؟ لهذا الاهتمام عدة أسباب . إن القدرة الغريبة على التكيف الموجودة لدى هذه الكائنات أدت بناء على حالة الطريق المغلق التي وصفناها الى ظاهرة شديدة الأهمية : لقد أدت الى أن بعض الميول التطورية ، التي تطرقنا اليها مراراً من قبل ، قد ظهرت لدى الحشرات على شكل متميز جداً . يبدو الأمر وكأن التطور قد حاول هنا مساعدة هذه الميول على التحقق بطرق أخرى ، طالما أن الطريق المباشر كان مغلقاً بسبب تحديد حجم الفرد الواحد .

أقصد بذلك ظاهرة ممالك الحشرات . إن هذه الاتحادات المنظمة بمنتهى الدقة والصرامة والتي تحتوي مئات الآلاف ولدى بعض الأنواع ملايين الحيوانات المنفردة تبدو عند تدقيقها وكأنها تكرار لخطوة الانتقال من وحيد الخلية الى كثير الخلايا . إن مملكة النمل تشبه في كثير من الجوانب متعضية واحدة مغلقة اكثر مما تشبه مستعمرة من الأفراد المنفردين .

كما هو الأمر في حالة الخلية المنفردة المنتسبة الى فرد كثير الخلايا فإن النملة المنفردة أيضاً لا تستطيع العيش خارج رابطة مملكتها . علاوة على ذلك فقد تحقق بين أعضاء مملكة النمل (أو النحل أو غيره) تقسيم للعمل عالي التخصص : التكاثر ، التلقيح ، التغذية ، وفي بعض الحالات الدفاع أيضاً ، هي وظائف موزعة على الأعضاء المتخصصين بطريقة ملزمة عن طريق التنظيم الهرمي الصارم أكثر مما هو الأمر لدى توزيع الوظائف بين خلايا الفرد الواحد المستقل .

نستطيع ، على ضوء هذه الخصائص المتميزة ، أن نستخلص مما قلناه أن الطبيعة قد حاولت هنا تعويض الضرر الحاصل بسبب تحديد حجم الحشرة المنفردة وغير القابل للإصلاح بأن كررت لدى هذه الحشرات في الحالات الموصوفة نفس الخطوة التي أدت إلى الانتقال من وحيد الخلية إلى الفرد الأعلى . وكأن الطبيعة قد حاولت استخدام الأفراد ، الذين حال صغر حجمهم دون تطوير بنيتهم الداخلية ، كقطع بناء لتركيب منظومة أعلى لاتخضع في تطورها لهذا التقييد.

عند مقارنة الأنواع الحية اليوم نجد أن هذه المحاولة أيضاً قد توقفت في مرحلة مبكرة جدا ، إذ أنها لم تنتشر إلا على نطاق ضيق . على أي حال لايمكن إعتبارها مصادفة أن هذه المنظومات المؤلفة من الممالك الحشرية تقوم بأكبر الإنجازات التي نجدها لدى الحشرات على الإطلاق : إعتناء عال بالخلف ، حس متطور بالزمن ، قدرة على الأعلام جعلت حتى العلماء يتحدثون عن «لغة النحل» وأخيراً القدرة على المحافظة الدقيقة على درجة حرارة ثابتة في المملكة بواسطة أفعال وحركات مناسبة .

في هذه الحالة أيضاً تحقق «الاتحاد على مستوى أعلى» كما تحقق نشوء وظائف أعلى وأعلى حتى

الوصول إلى التحكم بدرجة الحرارة . إن هذا المثال مهم بالنسبة لنا لأنه يؤيد وجهة نظرنا حول الميول التي تسيطر على التطور . وهذا التأييد مقنع بصورة خاصة لأن هذه الميول تحققت هنا حتى ضمن شروط رديئة أو غير مناسبة .

من ناحية ثانية يبين لنا هذا المثال أن الظاهرة التي تبدو على ضوء التطور التاريخي ملزمة ومنطقية لاتشير بالضرورة إلى الطريق الذي سيسلكه التطور . لقد كان حديثنا عن ممالك الحشرات ضروريا هنا لأننا لم نعالج في هذا الكتاب حتى الآن سوى الحالات التي لاينطبق عليها هذا القول . أن يكون هذا لايصح بلا استثناء ، هذا ما أشارت إليه منظومة المملكة الحشرية التي نستطيع إستناداً إليها تحديد بدايات بعض الاتجاهات التطورية المؤثرة على المستقبل والتي تابعت تطورها على الرغم من أنها قد دخلت في طريق مغلق منذ ما لايقل عن مائة مليون سنة.

بما أن الأمور هي على هذه الحال ـ وبذلك أعود ثانية لمتابعة الخيط الأحمر لتسلسل أفكارنا ـ فإننا لن نقع في التناقض اذا ماقلنا ان الرحلات الفضائية ، أي المحاولات المبذولة لمغادرة الأرض ولإكتشاف عوالم جديدة ، تمثل متابعة منطقية إلزامية للتطور ، لكنها رغم ذلك ستنتهي في طريق مغلق. بناء على كل ما عرضناه في هذا الكتاب وعلى ضوء الميول والإتجاهات الأساسية الجوهرية التي اكتشفناها فإن محاولات الإنسان اليوم لأن «ينفصل» عن الأرض بواسطة التكنولوجيا الفضائية هي تطور منطقي وإرغامي ومنسجم مع ماسبقه.

إنني مقتنع بأن التصميم غير القابل للتفسير ، الذي يصر فيه مجتمعنا التكنولوجي اليوم على هذا المشروع الذي لايجد له بناء على خبرتنا فائدة أو تعليلا عقلانيا ، ليس سوى التعبير عن الميول التطورية المذكورة التي نخضع نحن أيضاً إلى تأثيرها الشمولي الفوق ـ فردي . وكيف يمكن أن تكون الأمور خلاف ذلك ؟ كيف سيستطيع دماغنا أن يخضع لقواعد تختلف عن تلك القوانين التي أدت إلى نشوئه ذاته؟

لكن مهما كانت صحيحة تلك الميول التي تدفعنا إلى مغادرة الأرض فإن استخدامنا للتكنولوجيا الفضائية في تحقيقها هو محاولة فاشلة لأنها تعتمد على وسائل غير مجدية . كل مانعرفه اليوم عن التطور منذ بدء الأرض حتى الآن يدعونا إلى الإعتقاد بأن التطور المستقبلي سيؤدي بالبشرية ـ إذا كانت عندئذ لم تزل موجودة ـ إلى التحرر من الأسر الأرضي الذي عاشت فيه حتى الآن . غير أن السفر الفضائي ، مهما بدا هذا للوهلة الأولى متناقضاً ، لن يستطيع أبداً توفير هذه الإمكانية .

إن الفضاء أكبر من أن يستطيع أي إنسان ، وحتى في أقصى المستقبل البعيد ، «غزوه» ، إذ أن النجوم والمنظومات الكوكبية الموجودة فيه بعيدة عن بعضها البعض إلى درجة لا يمكن معها أبداً إجراء إتصال فيزيائي بين الحضارات الناشئة عليها (قد تشذ عن ذلك بعض الحالات المنفردة بين «أقرب الجيران») .

من السهل البرهنة على ذلك . أود أن اقتصر على حجتين اثنتين . قدم الحجة الأولى إدوارد فيرهولز دونك الذي ذكر بطريقة معبرة أن ثقباً بحجم رأس الدبوس في صورة لـ «ضباب» آندروميدا (المجرة التي

تجاور مجرتنا والتي تبعد عنا مليوني سنة ضوئية) ستقابله على الواقع فجوة لن تستطيع أية مركبة فضائية مأهولة إجتيازها في أي وقت من الأوقات .

لنؤيد هذا القول ببعض الأرقام : يبلغ طول أكبر قطر لهذا الضباب الحلزوني حوالي ١٥٠٠٠٠ سنة ضوئية . تقابل هذه المسافة على الصورة التي قصدناها أعلاه ١٥سم . إذا كان الدبوس سيحدث على الصورة ثقباً بقطر ١ مم فإن هذا سيمثل على الواقع فتحة قطرها ١٠٠٠ سنة ضوئية.

حتى لو انطلقنا في مركبة فضائية ـ خيالية ـ تسير منذ لحظة انطلاقها بسرعة الضوء ، أي لاتحتاج إلى التسارع ولا إلى الفرملة ، فإننا لن نتمكن في حياتنا من الانتقال من أحد أطراف الفتحة إلى الطرف الآخر . سنبلغ ، بغض النظر عن الإمكانات التكنوجية الخيالية التي افترضناها ، على الأقل ١٠٠ سنة من العمر قبل أن نقطع عشر المسافة التي نتحدث عنها .

لقد سبق وقلنا إننا عند تحدثنا عن الإمكانات المستقبلية سوف تعتمد المقاييس الزمنية التي اعتمدناها عند دراستنا للماضي . لذلك يتوجب علينا أن نضع في اعتبارنا التقدم الهائل الذي سيطرأ على تكنولوجيا الفضاء خلال مئات آلاف السنين أو حتى بعد ذلك . سوف لن تفيدنا بأي شيء كل هذه التطورات المحتملة حتى ولاتلك الأفكار التي تتحدث عن «تجميد رواد الفضاء» أو ما شابه من الطرق ، لأننا انطلقنا في الأصل من سرعة الضوء .

لكن كيف سيكون الموقف إذا حصلنا على مركبات فضائية تنقلنا بسرعة «أكبر من سرعة الضوء»؟ أو كيف سيكون الوضع إذا ماوفرت لنا فيزياء المستقبل الامكانية لأن نتحرر من المكان الثلاثي الأبعاد وأن نتمكن بقفزة واحدة عبر «ما وراء المكان» أن ننتقل بلحظة واحدة من أية نقطة في الكون إلى أية نقطة أخرى؟ هل نستطيع أن ننفي هذه الإمكانات أو غيرها مما تتحدث عنه روايات الخيال («العلمي») ، إذا تصورنا مستقبلاً يقع بعد مليون سنة من الآن؟

لن نحتاج إلى بذل الجهد لمعرفة ما إذا كانت مثل هذه التكهنات مجرد تخيلات تفتقر إلى الأرضية الواقعية أم هي فعلاً إمكانات مستقبلية معقولة . لقد وفر علينا الكاتب الامريكي آرثور كلارك هذا الجهد . نشر كلارك قبل عدة سنوات دراسة معللة دحض فيها فكرة «غزو الفضاء» عن طريق الرحلات الفضائية المأهولة بطريقة قاطعة ونهائية .

لنعد لهذا الغرض مرة أخرى الى ضباب آندروميدا . إنه ليس فقط جارنا الكوني ، أي أقرب مجرة إلى مجرتنا ، أي إلى المجرة التي تنتسب لها شمسنا ، بل إنه يشبه مجرتنا إلى حد كبير. يتألف آندروميدا ، شأنه شأن مجرتنا ، من حوالي ٢٠٠ مليار نجم ثابت («شمس») من بينها حسب أحدث التقديرات مالايقل عن حوالي ستة بالمائة شموس تدور حولها ، كما هو الحال لدى شمسنا ، كواكب من المحتمل أن تكون عليها حياة .

ستة بالمائة من ٢٠٠ مليار ، هذا يساوي ١٢ مليار منظومة كوكبية في آندروميدا ومثلها في مجرتنا ذاتها . يعرض كلارك حججه على الشكل التالي : لندع ببساطة جانبا جميع القيود التكنولوجية ونفترض أننا لا نحتاج إلى زمن يذكر عند السفر عبر مجرتنا ، أي نفترض أننا قادرون على الإنتقال خلال ثانية واحدة

من أية نقطة إلى أية نقطة أخرى داخل مجرتنا . أود علاوة على ذلك أن أضع افتراضاً سخياً آخر وهو أننا خلال هذه الثانية الواحدة ستتمكن فوق ذلك ليس فقط من التأكد مما إذا كان للشمس التي نزورها مجموعة كوكبية وحسب بل ستتمكن أيضاً من معرفة عما إذا كان يوجد على هذه الكواكب كائنات ذكية . ثم نفترض أخيراً أننا نستطيع خلال نفس الثانية أن نعود سالمين إلى محطتنا الأرضية مع ما لدينا من معلومات .

سنحتاج إذن إلى ثانية واحدة فقط كي ندرس نجماً ثابتاً واحداً مع مايتبعه من كواكب . كيف ستكون عندئذ التوقعات؟ الجواب محطم لكل أمل . حتى لو انطلقنا من الافتراضات الخيالية التي وصفناها فلن نتمكن خلال عمر الإنسان الواحد البالغ حوالي ٦٠ سنة ، وإذا عملنا كل يوم ٨ ساعات وقمنا في كل ثانية برحلة من هذا النوع ، لن نتمكن من دراسة سوى ٠,٣ بالمائة من الشموس الموجودة في مجرتنا وحدها . سيكون تحت تصرفنا فقط ٦٠٠ مليون ثانية لدراسة ٢٠٠ مليار نجم .

إذا ما أضفنا إلى هذه الحسابات الصحيحة الحقيقية المؤكدة وهي أنه يوجد في الكون المحيط بنا ما لايقل عن عدة مئات من مليارات المجرّات المماثلة لمجرتنا أو لمجرة آندروميدا ، عندئذ سيتضح لأكبر المتفائلين أن الرحلات الفضائية المأهولة لايمكن أن تكتشف أبداً هذا الفضاء الكوني . مهما كانت هذه النتيجة مخيبة للآمال فهي حقيقة لاجدال فيها :

إننا نعيش في «المحجر الكوني» .

من المتوقع أن تصدمنا هذه النتيجة للوهلة الأولى كخيبة أمل مرة . إنها لاتبدو لنا استفزازية وحسب بل ولامنطقية أيضاً . هل من المعقول أن يخفق التطور الآن مصطدماً بحدود لايمكن تجاوزها بعد أن سار ١٣ مليار سنة بصورة متصلة وناجحة؟ إذ اننا لم نعد عند هذا الموقع من تاريخنا نشك على الإطلاق في أن إقامة اتصال مع حضارات كوكبية أخرى ستكون الخطوة التطورية التالية المستحقة الأداء ، بعدما نقيم على الأرض مبكراً أو متأخراً حضارة موحدة .

غير أنها ليست هذه هي المرة الأولى التي نصل إلى نقطة يبدو لنا الموقف منها ميؤوساً لامستقبل له . الاستنتاج الوحيد المؤكد الذي نستطيع استخلاصه من الأفكار المطروحة هو أن السفر المأهول في الفضاء سيصطدم خلال زمن قصير بحدود أصبحت منظورة الآن . من المحتمل أن يعيش أحفادنا الوقت الذي تُجمَّد فيه مشاريع الرحلات الفضائية . إلى أين سيطير الرواد بعدما يتم اكتشاف الكواكب الداخلية والخارجية لشمسنا من عطارد حتى بلوتو؟

ستكون القفزة التالية ، التي سنغادر بها مجموعتنا الشمسية إلى أقرب شمس مجاورة ، كبيرة إلى درجة أن البشرية ستحتاج إلى توقف لعدة قرون قبل أن تتجرأ على القيام بها . نظراً للفروق الهائلة بين تكاليف مثل هذا المشروع للسفر بين النجوم (الذي سيستغرق حتى في حال استخدام المحركات الأيونية أو الضوئية إلى عشرات السنين) وبين ريعه الاحتمالي الضئيل (قد تكون الرحلة بكاملها عبثاً لأن الشمس التي قصدتها ليس لها أية كواكب) فإنني أرجح أن هذه المحاولة لن يقوم بها أحد أبداً .

رغم ذلك فإن الرحلات الفضائية ليست «بلا معنى» كما يدعي خصومها القصيرو النظر . وهي

ليست مبرَّرة فقط لأنها تعبر عن قانون شمولي يخضع له جميع التطور ، بل لها أيضاً فوائد عملية كبيرة . لم يمض زمن طويل بعد ، ربما ١٠ سنوات أو ٢٠ سنة ، على الوقت الذي كان فيه أي عالم يتحدث عن إمكانات وجود حياة ووعي وذكاء على كواكب تابعة لشموس أخرى سيتعرض إلى السخرية من معاصريه من «المثقفين» . كان مثل هذا الإدعاء سيعني سقوط هيبة العالم الذي يتجرأ حتى ولو على مجرد طرحه للمناقشة .

أما الآن فقد تغير هذا الوضع بشكل ملحوظ . لقد تزايد عدد البشر الذي بدأوا يقتنعون أن افتراض وجود الحياة على الأرض وحدها من بين جميع الكواكب اللا حصر لها الموجودة في الكون ـ ١٢ مليار منظومة كوكبية في مجرتنا وحدها ـ يمثل تكراراً للحكم المسبق القديم بأن الأرض هي مركز الكون . مما لا شك فيه أن الرحلات الفضائية قد ساهمت في التحرر من هذا الحكم المسبق ووجهت الأنظار نحو الإهتمام بالفضاء الكوني الذي نراه فوقنا . وهذه نتيجة لا يجوز أن نقلل من قيمتها .

غير أن إفتراض وجود أشكال حياتية غير أرضية وحضارات كوكبية على أجرام سماوية أخرى يمكن دعمه بحجة أخرى غير تلك التي تقول : كم هو مضحك وساذج الإعتقاد بأننا نحن البشر نمثل الكائنات المفكرة الوحيدة في كامل الكون اللا محدود . لقد تركز القسم الأكبر من هذا الكتاب على البرهنة على أن التطور من الذرات عبر إتحادها في جزيئات حتى الوصول إلى الخلايا الأولى ثم إلى ما تلاها قد حصل بصورة متصلة متواصلة بتأثير قوانينه الداخلية وبدون أي تدخل «فوق طبيعي» من الخارج . أدى هذا التطور حتمياً إلى الإنتقال من المستوى اللا عضوي إلى المستوى العضوي وأخيراً إلى المستوى البيولوجي .

لقد تعرفنا من خلال ذلك على الحقيقة الأكثر روعة من كل ما سواها وهي أنه في البدء كان يوجد عنصر واحد هو الهيدروجين ، كان تركيبه الذري وبنيته ، اللذان سيبقى مصدرهما سراً أبدياً بالنسبة لنا ، يحتويان منذ البدء جميع المقدمات اللازمة لكي ينشأ عنها عبر الزمن كل ما هو موجود اليوم بما فيه نحن ذاتنا وكامل الكون . لهذا السبب قلنا سابقاً إن التاريخ الذي نعرضه في هذا الكتاب هو تاريخ التحول المستمر لذرة الهيدروجين . لقد بين لنا تاريخ التطور كم هي هائلة قدرة هذه الذرة على الصمود والتفتح وعلى التغلب على المصاعب ولا سيما في اللحظات التاريخية التي بدا فيها وكأن التطور قد بلغ نهايته المحتومة .

ما هي الأسباب التي يمكن أن تجعلنا ضمن هذه الظروف نشك في أن ذرة الهيدروجين المدهشة والرائعة قد استغلت أيضاً هذه الإمكانات الهائلة على كواكب تابعة لشموس أخرى؟ إذا كان هذا الهيدروجين قد أنتج هنا على الأرض الجزيئات المعقدة ومنها بصورة حتمية «الحياة» ، كما كان قبل ذلك قد أنتج بإتحاده مع الأوكسجين «الماء» ، فما هي الأسباب المنطقية التي تجعلنا نشك في أن الشيء المماثل من حيث المبدأ قد حصل في مواقع أخرى لا حصر لها من الكون ، في كل مكان حيث توفرت الظروف المناسبة ؟

ما من شك أن المبدأ واحد . لقد تعرفنا من خلال التاريخ الذي عرضناه مراراً وتكراراً على الصدفة التي وجهت المسيرة التطورية في إتجاه لم يكن ضرورياً وبالتالي غير قابل للتوقع مسبقاً . لقد رأينا كيف أن الكيفية الاعتباطية للمعطيات الملموسة المتوفرة ، سواء أكان التركيب المتدرج للأشعة الشمسية أو

التركيب المتميز للغلاف الجوي البدئي ، قد أتاحت الفرصة لتحقق إمكانات معينة وقطعت في نفس الوقت الطريق أمام إمكانات أخرى وإلى الأبد .

بما أن الأمور كانت على هذا الشكل منذ اللحظة الأولى وبما أن هذه الحالة كانت تتكرر منذ ذاك البدء في كل لحظة،فإن عدد الإمكانات التي لم تتحقق هنا على الأرض يفوق كثيراً عددها الضئيل الذي تحقق . لو بدأ كل شيء مرة أخرى من البداية ، لو نشأت الأرض مرة أخرى ولو وضع تحت تصرفها ضمن نفس شروط الإنطلاق نفس الزمن الممتد ٤ مليارات سنة ، فإن ما سينتج عن ذلك سيكون بتأكيد مطلق شيئاً مختلفاً تماماً . حتى لو افترضنا إمكان تكرر هذه المحاولة مرات لا محدودة العدد فإن منظر الأرض لن يشبه في أية مرة المنظر الذي هي عليه الآن . لا بل لن يكون له معه حتى ولا تشابه بعيد .

إذن ، حتى هنا على الأرض ، حيث لدينا إطلاع على شروط الإنطلاق ، سيفشل خيالنا في تصور الحالة المتحققة . بأي مقدار يجب أن ينطبق هذا أيضاً على الأشكال الملموسة التي تطور إليها الهيدروجين في الشروط غير الأرضية ؟ بأي مقدار يجب أن ينطبق هذا على الإمكانات التي تحققت كنتيجة لتطور هذا العنصر البدئي وما نتج عنه من عناصر تحت تأثير جاذبية أخرى في جو غير أرضي وتحت إشعاعات شموس غريبة ؟

سيتوصل من يفكر بكل هذه الإحتمالات متحرراً من الأحكام المسبقة إلى استنتاج واحد وحيد : إن الدنيا التي فوقنا مليئة بالحياة والوعي والعقل . إذا ما انطلقنا من أن ستة بالمائة من نجوم مجرتنا لها توابع كوكبية يمكن أن تكون قد نشأت عليها حياة ـ وهذه تقديرات حذرة جداً حسب رأي معظم علماء الفلك الحاليين ـ عندئذ سيعني هذا أن مجرتنا وحدها تحتوي على ١٢ مليار كوكب مرشح لأن يكون حاملاً للحياة . إذا ما افترضنا بحذر شديد ، آخذين بعين الإعتبار جميع المخاطر التي يمكن أن تكون قد وقفت في طريق تطور الهيدروجين ، أن التطور لم يتمكن من الوصول إلى حالة الشكل الأعلى من الحياة الواعية إلا في حالة واحدة من أصل كل ١٠٠٠٠٠ حالة ، عندئذ يكون في مجرتنا وحدها ١٢٠٠٠٠ حضارة كوكبية أخرى غير هذه الموجودة على أرضنا .

أن يبدو لنا هذا الرقم كبيراً إلى درجة لا تصدق ، فهذا يعود فقط إلى أن قدرتنا على التصور مدربة على مقاييس أرضية ولذلك ستبدو لها جميع الشروط السائدة في الكون على أنها لا تصدق . إذا ما علمنا أيضاً على ضوء الرقم المذكور اننا نستطيع بواسطة التلسكوبات الموجودة اليوم أن نشاهد عدة مئات من مليارات المجرات التي تنطبق عليها نفس الفرضيات ، عندئذ يصيبنا الدوار .

لنقتصر إذن على الظروف في مجرتنا وحدها . أمامنا هنا ١٢٠٠٠٠ حضارة كوكبية على أقل تقدير . هناك إذن أكثر من مائة الف من البدايات المختلفة سارت كل بداية منها على طريقها الطويل الخاص بها حتى بلغت مرحلة وعيها لوجودها ثم حتى وصلت مثلنا إلى النقطة التي صارت فيها قادرة على إدراك ماضيها وعلى إدراك الكون المشترك الذي يضمنا جميعاً . . مائة الف جواب مختلف على نفس السؤال . وكل جواب ينطلق من زاوية نظر أخرى ومن مقدمات أخرى ومن دوافع أخرى . كل منها معلل وصحيح ورغم ذلك لا يعكس سوى مقطع ضئيل من كامل الواقع .

والآن كيف سيكون جوابنا ، على ضوء هذه الرؤية ، على السؤال الذي سنطرحه للمرة الأخيرة : إلى أين سيؤدي المستقبل ؟ إذا ما استمرت مسيرة التطور كما حصل حتى الآن فإن الخطوة التالية لا يمكن أن تكمن إلا في إتحاد هذه الحضارات الكوكبية الكثيرة ، إلا في تجميع كل هذه الأجوبة الجزئية المنعزلة الموزعة اليوم في جميع أنحاء مجرتنا . عندئذ سيتكرر في تلك المرحلة مع الحضارات الجزئية المتخصصة باختصاصات فردية مختلفة ما حصل قبل ذلك مع الخلايا عندما أخذت تتحد مع بعضها البعض لتشكيل كثيرات الخلايا ، لكي تتمكن من استغلال الإمكانات الكامنة في اختصاصاتها المختلفة إلى أقصى حدود الاستغلال .

غير أن هذا الإتحاد لن يتحقق في أي حال ، كما سبق ورأينا ، عن طريق الرحلات الفضائية . وقد يكون هذا من حسن حظنا . لأنه حسب كل قواعد الاحتمال يجب أن يكون المستوى الذي نحن عليه اليوم على هذا الكوكب الفتي المتخلف ، الذي لم يبلغ من العمر سوى نصف عمر الحضارات المجرِّية الأخرى ، لم يزل في الفجر المبكر من تاريخه . وقد تكون محبة هؤلاء المنافسين ، المتفوقين علينا بما يفوق التصور ، للسلام لا تزيد كثيراً عن محبتنا له ؟ من هذا المنظور يصبح «المحجر الكوني» الذي نشكو منه واحداً من المقدمات الأساسية لوجودنا .

إلا أنه يوجد إمكانية للبحث والإتصال بالطريق اللاسلكي . صحيح أن الإشارات اللاسلكية ستبقى على الطريق ضمن مجرتنا مئات وآلاف السنين ، لكن المعلومات التي تنقلها لا تفنى . لهذا السبب يناقش العلماء اليوم بجدية تامة إمكانية تطوير وسائل الإتصال المحدودة المتوفرة لدينا اليوم ، ومن بينهم فلكيون مرموقون مثل فريد هويل الذي يحاضر في جامعة كامبريدج والأمريكي ـ الألماني سيباستيان فون هودنر الذي يعمل في غرين بانك ، في الولايات المتحدة ، في بناء أكبر هوائي على وجه الأرض .

لقد طور هؤلاء العلماء وغيرهم حلولاً منطقية ومعقولة عالجوا فيها مشكلة التفاهم ووضعوا اقتراحات ملموسة حول الكيفية التي ستصاغ فيها المعلومات التي سترسل لا سلكياً لكي تتمكن من فهمها كائنات الكواكب الأخرى ، التي نستطيع أن نفترض أن لديها القدرة على التفكير المنطقي ، وفيما عدا ذلك ليس لديها أي شيء مشترك معنا (انظر نموذج لرسالة مصممة لهذا الغرض على الصفحة ٣٩٥ مع شرح توضيحي لها) . إنطلاقاً من هذا التفوق المعلل على الأقل لقسم كبير من شركائنا الكونيين المستقبليين **يتوقع العلماء أن بعض الإتحادات الصغيرة في بعض المواقع من مجرتنا يمكن أن تكون قد تحققت فعلاً بأن ضمت الحضارات الأكثر تقدماً .**

ألا يمكننا أن نتوقع أن يكون على الأقل بعض هذه الحضارات المتفوقة قد أرسل إشارات لا سلكية يبحث فيها عن شركاء جدد ليتيح إمكانية المشاركة ؟ ستكون هذه الإشارات بدون شك واضحة ومصممة بشكل أن طابعها الذكي سوف لن يمنع الحضارات الأقل تطوراً كحضارتنا من التقاطها . ألن يكون على ضوء هذه الأفكار مفيداً ومعقولاً أن نبدأ بالبحث المنظم منذ الآن ؟

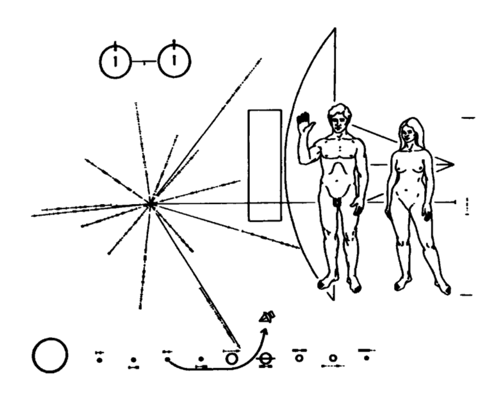
لقد قام علماء غرين بانك بذلك قبل عدة سنوات ولعدة أشهر متواصلة ولكن بدون جدوى . بعدئذ أوقفت المحاولة لأن الحسابات الاحصائية الفلكية أظهرت أن الهوائيات المتوفرة اليوم ليست كبيرة بما

فيه الكفاية لكي تتمكن من تصفية الإشارات المحتملة القادمة من الفضاء من التشويشات القوية الناتجة عن الأشعة الكونية . غير أنه في عام ١٩٧١ تم في قرية ايفلسبرغ بالقرب من مدينة بون الألمانية تدشين أكبر هوائي تلسكوبي على وجه الأرض يبلغ قطره مائة متر . إن هذا الجهاز كبير بما فيه الكفاية للقيام ببحث معقول .

ما من أحد يستطيع أن يقول متى سيتحقق الإتصال الأول . يمكن أن يحصل هذا في السنين القادمة وقد لا يحصل إلا بعد عدة قرون . إن التطور لا يسير على مزاجنا . لكننا يوماً ما سنستقبل هنا على الأرض إشارة لا سلكية أرسلتها كائنات ذكية تطورت على كوكب آخر . سيعني هذا الحدث بالنسبة للأرض بداية لتطور سيبدو تجاهه كل التاريخ الجاري حتى الآن ليس سوى إنتظار لهذه اللحظة .

إعتباراً من هذه اللحظة ستدخل البشرية في عملية تتّحد من خلالها حضارات كوكبية منفردة كثيرة في روابط لتبادل المعلومات تتنامى زمناً بعد زمن . حتى يتحقق أخيراً في المستقبل البعيد ، في مستقبل تفصلنا عنه الآن ملايين السنين ، إتحاد جميع حضارات مجرتنا بواسطة شبكة من الإشارات اللا سلكية تشبه النبضات العصبية في متعضية واحدة كونية عملاقة تمتلك وعياً سيقترب محتواه من الحقيقة أكثر من كل ما وجد حتى الآن في هذا الكون .

** ** **



في الأول من آذار من عام ١٩٧٢ أطلقت من كاب كنيدي المركبة الفضائية الأولى التي ستغادر مجموعتنا الشمسية . «بيونير ١٠» ستدرس الكوكب جوبيتر (المشتري) ، لكنها عند مرورها بالقرب منه ستقوم كتلته الهائلة بتسريع المركبة وتعديل مسارها بحيث تتمكن من التخلص نهائياً من جاذبية الشمس والتحرك بحرية لزمن غير محدود عملياً في أنحاء المجرة .

إعتباراً من لحظة مغادرتها لمجال مجموعتنا الشمسية ستصبح المركبة عبارة عن «طرد بريدي كوني» مهما كانت الفرصة ضئيلة ، بسبب الفراغات الهائلة الموجودة بين المنظومات الشمسية المختلفة لمجرتنا ، فإن بيونير ١٠ ولو بعد ملايين السنين ستنجذب من إحدى الشموس الغريبة .

إذا كان يوجد على أحد كواكب هذه الشمس كائنات ذكية قامت بتطوير حضارة تكنولوجية متقدمة وتمكنت من اكتشاف هذه المركبة (إن احتمال ذلك ، كما سبق وشرحنا في النص ، أكبر بكثير مما يتصور معظم الناس) فإنها تكون قد استلمت رسالة من الأرض .

بناء على هذه الاحتمالات قام صانعو بيونير ١٠ بوضع صفيحة معدنية صغيرة فيها حفروا على سطحها الصورة أعلاه . تشير صورة الشخصين إلى شكل المرسل وإلى جنسه المزدوج (علماً أنه يبقى مفتوحاً عما إذا كان المستلم سيستطيع أن يفهم شيئاً من هذه المعلومة) . خلف الشخصين رسمت المركبة نفسها مما يمكن من معرفة حجمها .

على الطرف الأسفل رسمت المجموعة الشمسية ـ التعرف عليها سهل أيضاً ـ التي ينتسب إليها المرسل وأوضح الكوكب الذي يعيش عليه كمكان إنطلاق المركبة كما أوضح مسار المركبة أيضاً .

الرموز الثنائية (ترجمتها ممكنة من قبل أي رياضي) بجانب صور الكواكب من ١ إلى ٩ تبين معطياتها الفلكية . تُحدَّد القيمـة المطلقة للأعداد المستخدمة في ذلك من قبل رمز ذرة هيدروجين مشعة على الطرف الأعلى من الصورة : تبلغ ذبذبتها في جميع أنحاء الكون ٧٠ نانو ثانية عند الموجة طول ٢١ سم .

بمساعدة القيم الموضوعية المحددة بهذه الطريقة يقدم الشكل النجمي الموجود في الوسط تحديداً دقيقاً لمكان وزمان الإرسال ، إذ أن الخطوط الشعاعية المنفردة تعطي الجهة التي تظهر فيها من موقع المرسِل النبضات الإشعاعية (بولزارات) التي حُدِّدت ذبذبتها الخاصة بجانب الخطوط الشعاعية برموز ثنائية . بما أن ذبذبة البولزار (النبضة الإشعاعية) تتناقص مع الزمن لذلك يستطيع المستقبل ، عن طريق مقارنة هذه المعطيات مع القيم التي يقيسها هو نفسه عند استقباله للمركبة ، معرفة مكان الإنطلاق ومدة الرحلة .

إذا ما وقعت هذه الصفيحة فعلاً يوما ما بالصدفة السعيدة بين يدي (؟) مستقبل غير أرضي سيكون على الأرجح قد مضى على إرسالها من الأرض ١٠٠ مليون سنة أو أكثر . كما إن المعلومات التي يتوجب على بيونير ١٠ ان تحفظها كل هذا الزمن الطويل لصدفة الصدف فقيرة ولا شك . رغم ذلك فإن لهذه الصفيحة أهمية تاريخية : لأول مرة في تاريخه توصل الإنسان هنا إلى القناعة العملية بأنه بالتأكيد ليس وحيداً في هذا الكون .

نعرض أدناه نموذجاً عن رسالة يمكن أن تصلنا يوماً ما من كوكب تابع لمجموعة شمسية غريبة . إذا ما افترضنا أن قوانين التفكير المنطقي المجرد هي نفسها في كامل الكون :

```
11110000101001000011001000000001000000010100
10000011001011001111000001100001101000000
001000000100001000010001010100001000000000
00000000001000100000000000010110000000000000
000000010001110110101101010000000000000000
00001001000011101010101000000000101010101
000000000111010101011101011000000001000000
0000000000001000000000000010001001111111000
00111010000001011000000111000000001000000000
10000000001000000001111100000001011000101110
10000000110010111111010111111000100111111001
00000000000111110000001011000111111111000000
1000001100000110000010000110000000011000101
001000111100101111
```

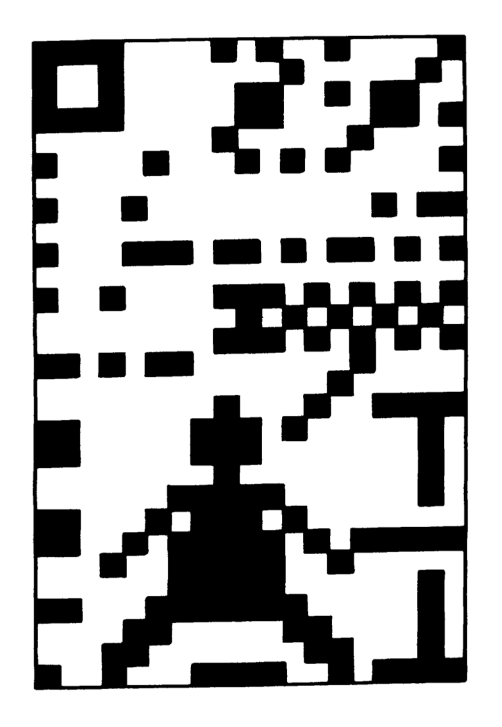
سيشير فوراً تحليل بواسطة الحاسب الالكتروني إلى أن هذه السلسلة المؤلفة من ٥٥١ نبضة وتوقُّف (على طريقة المورس) لم تترتب بالصدفة بهذه الطريقة ، بل إنها يجب أن تكون رسالة تحتوي على معلومات . ولكن كيف سيمكن فك هذه الرموز وفهم المعنى ؟

تكمن الخطوة الأولى في معرفة أن العدد ٥٥١ هو جداء العددين الأوليين ١٩ و ٢٩ . يمكن إذن ترتيب الرموز في هذه الحالة ـ فقط في هذه الحالة ! ـ في مستطيل (واقف) ضمن مجموعات تتألف كل منها من ١٩ رمزاً مرسومة على ٢٩ سطراً (أنظر الصفحة ٣٩٧) . إذا ما قمنا بعدئذ بتعويض كل ١ بقطعة موازييك مربعة سوداء وبتعويض كل ٥ بفراغ بنفس المساحة نحصل على الصورة الموجودة على الصفحة ٣٩٨ والتي تحتوي قدراً مدهشاً من المعلومات :

من الواضح أن الشكل في أسفل الصورة يمثل المرسل مما يجعلنا نستنتج أنه كائن عالي التطور . على الطرف اليساري من الصورة توجد من الأعلى (شمس) ونحو الأسفل (٩ كواكب) تمثل جميعها المنظومة الشمسية الغريبة ، إلى اليمين بجانب الكواكب الخمسة الأولى توجد الأعداد ١ حتى ٥ مكتوبة بالطريقة الثنائية (بيناري) . يوجد بجانب الكوكب الرابع بالإضافة إلى ذلك العدد الثنائي ٧ مليارات (يمتد حتى الطرف اليميني) وينطلق من وسطه خط مائل يشير إلى المرسل : هذا هو إذن عدد سكان الكوكب الذي يعيش عليه . بجانب الكوكبين الثاني والثالث من هذه المنظومة الغريبة يظهر العددان ١١ و ٣٠٠٠ كإشارة إلى مستعمرات صغيرة أو محطات مراقبة على هذين الكوكبين مما يدل على أن حضارة المرسل متمكنة من السفر الفضائي . على اليمين والأعلى رمز ذرة الفحم وذرة الأوكسجين كإشارة إلى أنهما يمثلان في بلد المرسل أيضاً العنصرين الهامين (اللذين يحققان التمثل العضوي) ؟. إلى اليمين من صورة المرسل توجد إشارتان على شكل حرف T تمتدان على طول المرسل تماماً من أعلى رأسه حتى أسفل قدميه وتحتويان الرقم ٣١ (مكتوباً بالطريقة البينارية) . ونستطيع أن نقرأ هذا الجزء من الرسالة على أنه يقول : «إن طول المرسل يبلغ ٣١ مرة لشيء ما» . ماذا ستكون الوحدة المقصودة ؟ المقدار الوحيد المتماثل لدى المرسل والمستقبل هو طول الموجة التي أرسلت واستقبلت عليها الرسالة . نستنتج إذن أن طول المرسل يبلغ على الأرجح ٣١ مرة طول الموجة المستخدمة .

إن «رسالة» من هذا النوع لم تُرسل ولم تُستقبل أبداً . بل إن ما عرضناه هو «نموذج» صممه العالم الأمريكي فرانك دريك لكي يشير إلى الإمكانات المتوفرة للتفاهم لا سلكياً بين شريكين لا نستطيع أن نفترض وجود أي شيء مشترك بينهما سوى قدرتهما على التفكير المنطقي . والتجربة أكبر برهان : عند عرض الرسالة بدون أية توضيحات على فريق من العلماء تمكّنوا من «قراءتها» خلال ١٠ ساعات .

1 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1
1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0
1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0
1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1
1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1
1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0
1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0
1 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0
1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1
0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0
1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0
0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 0
1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1

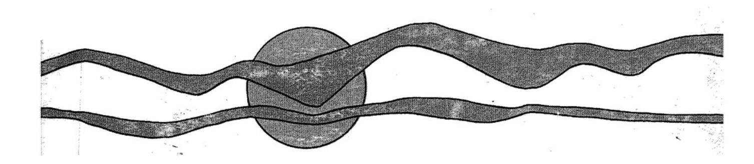


المحتويات

هذا الكتاب

اكتسب هويمار فون ديتفورت عن طريق برنامجه التلفزيوني « جولة عبر العلوم » شهرة واسعة كصحفي علمي بارع · لقد تمكن بكتابه هذا حول تاريخ النشوء ، الذي لخّص فيه نتائج مختلف العلوم بطريقة ذكية وموضوعية وممتعة ، من عرض صورة شاملة متكاملة عن نشوء وتطور ومستقبل المادة والحياة والحضارة البشرية · كانت المحصلة تقريراً معبراً ومثيراً عن ١٣ مليار عاماً من تاريخ الطبيعة، ابتداء من الانفجار الكوني الأول عبر نشوء الأرض ك « ناتج ثانوي » أو ك « نفاية » ، عبر كارثة الأوكسجين العظمى ، حتى اختراع الدم الدافيء (الذي مثل المقدمة لظهور الوعي البشري) وحتى مرحلة امكان الاتصال بين الكواكب والمجرات · وفي كل ذلك يبرز لدى ديتفورت دور العقل · العقل والعقل وحده ، الذي كان حاضراً دائماً عبر كامل هذه العملية ، قادر على تنظيم هذا الكون العقلاني بكل ما فيه · تنتج عن كل هذا الفرضية المدهشة لهذا الكتاب : لقد وجد العقل قبل أن يوجد الدماغ ·

لقد وصفته احدى الصحف المهتمة بقولها : ان هذا الكتاب هو قنبلة موقوتة ، انه ينشر بين الناس وعياً علمياً متغيراً سيحدث تأثيراً ثورياً على أفكارهم لا يقل عما أحدثته مقولات بطليموس وكوبرنيكوس ·





دار الحوار للنشر والتوزيع - سورية - اللاذقية
ص ب ١٠١٨ - هاتف ٢٢٣٣٩

مطابع ألف باء - الأديب
دمشق - هاتف ٢٢١٧١١